

**PLANTEAMIENTO DE UNA METODOLOGÍA MULTICRITERIO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A SUSTRACCIÓN EN ZONAS  
DE RESERVA FORESTAL POR MEDIO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE RESTREPO VALLE DEL CAUCA -  
COLOMBIA**

**CRISTIAN GÓMEZ GUZMÁN.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2014**

**PLANTEAMIENTO DE UNA METODOLOGÍA MULTICRITERIO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A SUSTRACCIÓN EN ZONAS  
DE RESERVA FORESTALPOR MEDIO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE RESTREPO VALLE DEL CAUCA -  
COLOMBIA**

**CRISTIAN GÓMEZ GUZMÁN.**

**Pasantía institucional, para optar al título de  
ADMINISTRADOR AMBIENTAL**

**Director  
JAIRO ROSERO NARVAES  
Ingeniero Agrícola**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2014**

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Administrador Ambiental**

**RAFAEL CONTRERAS**

---

**Jurado**

**JORGE OREJUELA GARTNER**

---

**Jurado**

**Santiago de Cali, 22 de Mayo de 2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a las personas que me ayudaron con mi pasantía, por haber dedicado su tiempo y esfuerzo. Agradezco a mi tutor Jairo Rosero Narváz por haberme orientado y guiado durante el proceso, al programa de Administración del Medio Ambiente por el conocimiento adquirido durante mi carrera.

Agradezco y a mi familia por su apoyo permanente, por el ánimo con el que siempre me acompañaron y por haberme dado la bendición de terminar mi carrera profesional sin tropiezos y mejorando cada día al crecer como ser humano y como profesional.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>19</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>19</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>23</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>23</b>
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b>	<b>24</b>
<b>4.1. MARCO TEORICO</b>	<b>24</b>
<b>4.1.1 Cartografía ambiental.</b>	<b>25</b>
<b>4.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>31</b>
<b>4.2.1 SIG. y Cartografía</b>	<b>31</b>
<b>4.2.1.1 Cartografía.</b>	<b>31</b>
<b>4.2.1.2 Cartografía básica.</b>	<b>32</b>

	<b>Pág.</b>
<b>4.2.1.3 Cartografía temática.</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2 Algunos conceptos básicos</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2.1 SIG.</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2.2 Escala Los mapas.</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2.3 Latitud y longitud.</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3 Proyecciones cartográficas.</b>	<b>36</b>
<b>4.2.4 Mapas y planos</b>	<b>37</b>
<b>4.2.5 El sistema de referencia o datum</b>	<b>38</b>
<b>4.2.6. Planificación y ordenamiento de territorio</b>	<b>39</b>
<b>4.2.7. Herramienta de toma de decisiones multiobjetivo en la planificación</b>	<b>41</b>
<b>4.2.8. Integración de sistemas de información geográfica y análisis multiobjetivo.</b>	<b>42</b>
<b>4.3. MARCO LEGAL</b>	<b>47</b>
<b>4.3.1. Marco jurídico y de política de las reservas forestales y de las categorías de área protegidas</b>	<b>47</b>
<b>4.3.2. Concepto de área protegida antes de 1994</b>	<b>50</b>
<b>4.3.3. Distribución de las áreas naturales a nivel nacional</b>	<b>50</b>
<b>4.3.4 Distribución de las áreas naturales de las áreas a nivel regional.</b>	<b>52</b>
<b>4.3.5. Distribución de las áreas naturales de las áreas a nivel municipal</b>	<b>52</b>
<b>5. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>53</b>
<b>5.1. EL MUNICIPIO DE RESTREPO</b>	<b>53</b>

	<b>Pág.</b>
<b>5.2 AREA PROTEGIDA</b>	<b>54</b>
<b>5.3. ECONOMÍA</b>	<b>55</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b>	<b>57</b>
<b>6.1. METODOLOGÍA APLICADA DE VARIABLES</b>	<b>57</b>
6.1.1 Presencia de bosques naturales.	57
6.1.2 zonas de erosión severa y muy severa.	57
6.1.3. Pendientes mayores del 50%.	57
6.1.4. Ecosistemas estratégicos.	57
6.1.5. Marco Legal.	58
6.1.6. Recurso Hídrico	58
6.1.7. Amenazas y riegos naturales	58
6.1.8 Suelos de protección	58
6.1.9 Reservas	58
6.1.10. Zonas de amortiguación de parques naturales y regionales.	59
<b>6.2 ESCALA DE CALIFICACIÓN AL TERRITORIO</b>	<b>59</b>
6.2.1 Escala de calificación.	59
<b>7. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>61</b>
<b>7.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA EXISTENTE</b>	<b>61</b>
7.1.1 Información Básica cartográfica.	61
7.1.2 Multicriterio imágenes satelitales	68

	<b>Pág.</b>
<b>7.2 AJUSTE SELECTIVO DE ZONAS SUSCEPTIBLES Y NO A LA SUSTRACCION</b>	<b>73</b>
<b>7.3. SALIDA DE DATOS</b>	<b>76</b>
<b>7.3.1 Información Cartográfica Final</b>	<b>76</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>



## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel nacional</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 2. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel Regional</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 3. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel Municipal</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 4. Escala de calificación al territorio</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 5. Resultados por categoría y área</b>	<b>75</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Relación entre escalas, niveles y tipos de planificación</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2. Metodologías para la cartografía ambiental</b>	<b>30</b>
<b>Figura 3. Municipio de Restrepo</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4. Suelos con erosión muy severa</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5. Evidencia de ganadería en el sector</b>	<b>56</b>
<b>Figura 6. Foto panorámica de la región</b>	<b>56</b>
<b>Figura 7. Ortofotomapas de la zona de reserva forestal del municipio de Restrepo de año 2005</b>	<b>62</b>
<b>Figura 8. Ortofotomapas del municipio de Restrepo de año 2005</b>	<b>62</b>
<b>Figura 9. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - plancha 279-II-B-1, año 1988</b>	<b>63</b>
<b>Figura 10. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-2, año 1988</b>	<b>63</b>
<b>Figura 11. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-3, año 1988</b>	<b>64</b>
<b>Figura 12. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-4, año 1988</b>	<b>65</b>
<b>Figura 13. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-D-1, año 1988</b>	<b>65</b>
<b>Figura 14. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-D-2, año 1993</b>	<b>66</b>

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 15. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-C-1, año 1989</b>	<b>67</b>
<b>Figura 16. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-A-1, año 1993</b>	<b>67</b>
<b>Figura 17. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-A-3, año 1993</b>	<b>68</b>
<b>Figura 18. Multiplicación de variables</b>	<b>69</b>
<b>Figura 19. Ejemplo funcionamiento de las matrices para la metodología multicriterio</b>	<b>70</b>
<b>Figura 20. Ejemplo de erosión y ecosistemas estratégicos</b>	<b>71</b>
<b>Figura 21. Ejemplo de uso actual y pendientes</b>	<b>71</b>
<b>Figura 22. .Uso Actual</b>	<b>72</b>
<b>Figura 23. Pendiente</b>	<b>72</b>
<b>Figura 24. Erosión</b>	<b>72</b>
<b>Figura 25. Ecosistemas Estratégicos</b>	<b>72</b>
<b>Figura 26. Legal</b>	<b>73</b>
<b>Figura 27. Resultado Modelo análisis multicriterio</b>	<b>73</b>
<b>Figura 28. Teoría excluyente.</b>	<b>74</b>
<b>Figura 29. Áreas de sustracción</b>	<b>75</b>
<b>Figura 30. Mapa de bosque natural (uso actual)</b>	<b>77</b>
<b>Figura 31. Mapa de pendientes</b>	<b>77</b>

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 32. Mapa de erosión</b>	<b>78</b>
<b>Figura 33. Mapa de ecosistemas estratégicos</b>	<b>78</b>
<b>Figura 34. Mapa de aspectos legales con sus respectivas áreas</b>	<b>79</b>
<b>Figura 35. Mapa de cuencas abastecedoras de agua</b>	<b>79</b>
<b>Figura 36. Mapa de amenazas naturales</b>	<b>80</b>
<b>Figura 37. Mapa de utilidad pública</b>	<b>80</b>
<b>Figura 38. Fases del proyecto</b>	<b>88</b>
<b>Figura 39. Creación de un shapefile</b>	<b>91</b>
<b>Figura 40. Digitalización</b>	<b>92</b>
<b>Figura 41. Ejemplo del Proceso Digitalización</b>	<b>93</b>
<b>Figura 42. Opciones de Edición, Ajuste de tolerancias</b>	<b>93</b>
<b>Figura 43. Herramientas de ajuste de tolerancias</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 44. Ejemplos de errores más comunes topología de línea</b>	<b>96</b>
<b>Figura 45. Creación de Dominios</b>	<b>98</b>

## GLOSARIO

**CLASES DE DATOS:** conocida como *Geographic Data sets* representa tres modelos de datos geográficos: vector, raster, y triangulación. En el Geodatabase se conocen como clase geográfica (*feature dataset*), clase raster (*raster dataset*), y clase TIN (*TIN dataset*).

**CLASE DE RELACIÓN:** conocida como *Relationship class* es una tabla que guarda las relaciones entre objetos geográficos de una o varias clases geométricas u objeto clases.

**CLASE GEOGRÁFICA:** conocida como *Feature dataset* es una colección de clases geométricas, puntos, líneas, y polígonos, que tienen el mismo sistema de coordenadas.

**CLASE RASTER:** puede ser una clase simple o una serie de clases compuesta de muchas bandas con distintos espectros y valores.

**CLASE TIN:** contiene una serie de triángulos exactos que cubren un área con un valor de elevación (coordenada z) en cada nodo que representa algún tipo de superficie.

**COVERAGE:** modelo de datos geográficos, también conocido como el modelo de datos geo-relacional, de ESRI introducido en 1981 con ArcInfo. Comúnmente conocido como 'coberturas' de ArcInfo.

**FEATURE:** elementos de un Tema, los cuales pueden ser polígonos, líneas y puntos.

**GEODATABASE:** Unidad primaria (nivel más alto) en las clases de datos geográficos. Es una colección de clases de datos, clases geográficas, objeto clases, y clases de relaciones.

**LAYERARCSDE:** es una clase geométrica creada o registrada con ArcSDE. Un *coverage* o archivo *shape* podrían ser registrados en ArcSDE. Layers ArcSDE al ser registrados en un Geodatabase se convierten en clases geométricas dentro de una clase geográfica del Geodatabase.

**LAYERARCMAP:** Es una clase geométrica, a la cual se le asigna su propia simbología, para despliegue y edición en un mapa. Layers ArcMap solo hacen referencia a la fuente de datos que puede ser *coverages*, *shapes*, o clases geométricas de un Geodatabase.

**LAYOUT:** interface gráfica de ArcMap en la cual se crea el diseño de impresión de un mapa.

**OBJETO CLASES:** es una tabla dentro de un Geodatabase. Uno puede asociar comportamiento (*behavior*) con un objeto clase. Los objetos clases mantienen información descriptiva de los objetos geográficos que representan o relacionan, pero no tienen ninguna representación geométrica en el mapa.

**OBJETO GEOGRÁFICO:** conocido como *Feature* es cualquier elemento del mundo real representado abstractamente en el mapa.

**RASTER:** Consiste de un modelo de cuadrícula o celdas rectangulares. La ubicación de cada celda o *pixel* es definida por su número de línea y columna. El valor asignado a cada celda representa un atributo del objeto geográfico que representa. Cada celda representa un área de la superficie de la tierra.

**SHAPE:** formato de datos geográficos de ArcView. Archivos 'shape' pueden representar objetos geográficos de líneas, puntos, y áreas (polígonos)

**SIG:** sistema de información geográfica

**TEMA O TEMÁTICA:** es un layer o capa que representa un elemento geográfico del mundo real, ejemplo: Ríos, departamentos, pozos, etc. A la combinación de todos estos temas se le llama **Map Composition**, es decir la composición final de un mapa.

**VECTOR:** provee ubicación exacta de objetos geográficos en la tierra. Objetos geográficos son representados como puntos, líneas, o polígonos. La posición de los objetos geográficos en la tierra es referenciada en posiciones del mapa utilizando coordenadas x, y de un sistema de coordenadas.

**VIEW Ó VISTA:** interface gráfica de ArcMap en la cual se manipula un Mapa.

## **RESUMEN**

El trabajo muestra la potencialidad que presentan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Evaluación Multicriterio (EMC) determinando variables ambientales con pesos entre 0 y 1 , para determinar con precisión, la cartografía de las zonas susceptibles a la sustracción y no sustracción en el municipio de Restrepo.

La capacidad de análisis y manejo de la información espacial que poseen los SIG en la actualidad, conjuntamente con el procesamiento estadístico apoyados en el uso de la EMC, permiten cuantificar y cualificar factores del medio natural y establecer grados de adecuación, reduciendo la subjetividad durante el procesamiento analítico.

Las zonas susceptibles de sustracción determinadas con el empleo de esta metodología nos permitió tener una mejor precisión cartográfica. Sin duda los resultados obtenidos constituyen valiosas herramientas de gestión, los cuales ayudan a la toma de decisiones en los territorios e incrementan el nivel de conocimiento para reducir los riesgos de desastres naturales y lograr un mejor ordenamiento territorial.

### **Palabras claves:**

Sistemas de Información Geográfica (SIG), Evaluación Multicriterio (EMC), Cartografía.

## **ABSTRACT**

The work shows the potential presented by the Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria (EMC) evaluation determining environmental variables with weights between 0 and 1 to define precisely mapping the areas susceptible to theft and not subtraction the town of Restrepo.

The capacity for analysis and management of spatial information held by SIG at present, together with the statistical processing supported by the use of EMC, to quantify and qualify the natural environment factors and establish degrees of adequacy, reducing subjectivity in the analytical processing .

The subtraction certain areas susceptible to the use of this methodology allowed us to have a better cartographic precision. Certainly the results are valuable management tools, which help decision making in the territories and increase the level of awareness to reduce disaster risk and achieve better land use

Keywords:

Geographic Information Systems (GIS), Multi-Criteria (EMC), Cartographic.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene un enfoque interdisciplinario y ha sido desarrollado por un equipo consultor de la Corporación Internacional para el Desarrollo Ambiental y Social BIOMA, y el instituto Colombiano de desarrollo Rural – INCODER, Territorial Valle del Cauca el cual está realizando el estudio socioeconómico – ambiental y el Plan de Manejo Ambiental (PMA) de las áreas sustraídas en Zonas de Reserva Forestal, de acuerdo a lo establecido en la Ley 2da de 1959, en el municipio de Restrepo, integrado por profesionales de diferentes disciplinas.

El INCODER ha establecido a nivel nacional como programa prioritario la sustracción de las Áreas de Zonas de Reserva Forestal declaradas por la ley 2da de 1959, con el propósito de realizar la titulación de predios y baldíos, permitiendo mediante ejercicio de sustracción, el acceso de los propietarios y las comunidades asentadas en la zona rural a los programas, bienes y servicios que ofrece el gobierno nacional.

En este contexto, el INCODER Territorial Valle del Cauca seleccionó al Municipio Restrepo entre otros, como proyecto piloto para realizar la sustracción de áreas de reserva forestal promulgadas a través de la Ley 2da de 1959, al tenor de lo establecido en la Resolución MVADT 293 de 1998, mediante la cual se faculta al INCODER para que realice este proceso, y el trámite ante la dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible<sup>1</sup>.

El encargado de realizar la cartografía es la fundación AGUA VIVA “FUNAGUA por medio de los sistemas de información geográfica utilizando la herramientas, el software ArcGis, aplicándola metodología multicriterio, la cual se adaptará a los SIG, para poder dar una escala de calificación de áreas a sustraer a las variables como lo son: Uso actual, Pendiente Erosión, Ecosistemas estratégicos, Legal, Recurso hídrico, Amenazas y riesgos Naturales, Reservas para proyectos de utilidad pública e interés social el cual estará enfocado en el aspecto ambiental con énfasis en el uso del suelo (área actual), potencialidades y ocupación del territorio (áreas declaradas), que aporten criterios para la toma de decisiones con

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. LEY 2 DE 1959 (Diciembre 16) Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables. [en línea]. Bogotá D.C.: Congreso de la República, 1959. [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://190.85.6.170/Sistematizacion\\_Normatividad/Bosque/Ley\\_2\\_de\\_1959.pdf](http://190.85.6.170/Sistematizacion_Normatividad/Bosque/Ley_2_de_1959.pdf)

relación a la planificación y gestión en el proceso de ordenación territorial en cuanto a localización y distribución equilibrada del área espacial formulando cartografía temática localizada en el municipio de Restrepo en el departamento del Valle del Cauca, por tanto la fundación AGUA VIVA "FUNAGUA elaborara la cartografía final del área objeto de trámite de sustracción entregada en medio físico y digital a la Corporación BIOMA, el cual entregara al INCODER y el MAVDT en el informe final del estudio.

La formulación y aplicación de un modelo de ordenación para el municipio de Restrepo considerando criterios biofísicos, constituye un fundamento que permite proponer zonas de conservación , y otras zonas tendientes a la sustentabilidad, lo cual sujeta a esta condición los demás usos o funciones que se le asignan estos territorios en el municipio de Restrepo

Por lo tanto, este trabajo pretende establecer las zonas de mayor importancia ambiental y vulnerabilidad de los ecosistemas, para la asignación óptima del suelo. Esto usando los métodos de la EMC en un entorno SIG.

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Evaluar alternativas significa comparar aquellas de que se dispone para seleccionar la mejor. Ello implica analizar el comportamiento de cada una de ellas en relación con una serie de criterios de muy distinta índole; Según Orea “la evaluación por lo tanto, es multicriterio y, en consecuencia, multi e interdisciplinar, como corresponde al carácter multiefecto de cada alternativa”<sup>2</sup>

“La integración de métodos de EMC y SIG es una potente herramienta de análisis espacial a través del modelado, especialmente para la asignación y localización de actividades, gestión de recursos naturales, control de riesgos y contaminación ambiental; en general, para la ordenación del territorio”<sup>3</sup>

Según el ordenamiento del territorio basado en la distribución geográfica, el uso actual del municipio de Restrepo presenta conflicto, el cual está presentando vulnerabilidad del suelo, manifestada en destrucción, degradación o subutilización y sobreutilización, en el área espacial donde se encuentran asentamientos, infraestructura física y actividades económicas.

El ordenamiento territorial está enfocado en el aspecto ambiental con énfasis en el uso del suelo (área actual), potencialidades y ocupación del territorio (áreas declaradas), que están representadas por medio de cartografía temática, pero no hay metodología concreta para la determinación de las áreas susceptibles de sustracción en zonas de reserva forestal, tampoco para dar una escala de calificación de áreas a las variables del uso del suelo en esta propuesta metodológica, se tomaran 8 mapas temáticos Uso Actual, Pendiente Erosión, Ecosistemas Estratégicos, Legal, Recurso Hídrico, Amenazas y Riesgos Naturales, Reservas para proyectos de utilidad pública e interés social.

---

<sup>2</sup> GÓMEZ OREA, D. Ordenación territorial. Madrid: Mundi-Prensa, 2007. p.391.

<sup>3</sup> BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. onddado de Oxfordshire Inglaterra: Oxford University, 1989. p.55.

Por lo anterior, surge la necesidad de Implementar el uso de herramientas como la técnica de análisis multicriterio, a través de los sistemas de información geográfica (SIG) ya que esto podría resolver problemas complejos de planificación y gestión al ordenamiento territorial como consecuencia de la acciones humanas y actividades productivas lo cual ha modificado el territorio en este caso en el municipio de Restrepo en el departamento del Valle del Cauca.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La Ley 1450 de 2011, El Plan de Desarrollo Nacional “Prosperidad para Todos” 2010 –2014 “contempla al sector agropecuario y forestal como una de las cinco locomotoras de desarrollo del país, dada la importancia estratégica de este sector en la generación de empleo, seguridad alimentaria, disminución de la pobreza, desarrollo rural y agropecuario sostenible y la generación de riqueza ante la demanda internacional de alimentos por parte de países asiáticos por ejemplo (India y China) con mayor crecimiento económico y poblacional” .

A partir de la Ley 2° de 1959 en la jurisdicción regional del Valle del Cauca, el municipio de Restrepo fue declarado como Zona de Reserva Forestal.

El departamento del Valle del Cauca, forma parte de la segunda área de reserva forestal más importante del país (Reserva Forestal del Pacífico), en ella se encuentra localizado el municipio de Restrepo, cuya zona rural se dedica a la producción de cultivos transitorios (frijol y maíz), raíces y tubérculos (yuca), frutales (banano, lulo y piña), hortalizas (cilantro, habichuela, pepino, pimentón, tomate y zapallo). Cultivos permanentes (Café, Plátano y caña panelera), otros cultivos como Té, y aromáticas también a la ganadería extensiva.

En este contexto, la importancia de este trabajo radica en que a través de las herramientas de los sistemas de información geográfica se ayude a implementar el procesos de ordenamiento del territorio que aporten criterios para la toma de decisiones con relación a la planificación y gestión en el proceso de ordenación de actividades socioeconómicas, localización de infraestructura física, asentamientos por medio de la elaboración de mapas temáticos que ayuden a consolidar datos referentes a las áreas de sustracción, aplicando el método de análisis multicriterio, y así darle una calificación, al estado de cómo se encuentran los recursos naturales para que mediante este se puedan tomar decisiones en el ordenamiento territorial .

La implementación los sistemas de información geográfica está relacionado con instrumentos metodológicos como lo son la cartografía ambiental para la planificación ambiental y la ordenación del territorio. Las decisiones sobre planificación y manejo del territorio tienen normalmente un componente de tipo espacial, es decir, incluyen alguna forma de asignación de usos a distintas porciones de la superficie terrestre en la zona de objeto de estudio.

Los mapas constituyen una de las mejores formas de hacer esa representación gráfica, y configuran así un instrumento metodológico básico e imprescindible para el establecimiento de directrices y normas de planeamiento y manejo del territorio.

En términos generales, se podría hablar de una cartografía compuesta por elementos territoriales relevantes para el estudio, como rasgos culturales, económicos, físicos, y bióticos, entre otros, los cuales se pueden representar por mapas diagnóstico y mapas síntesis, resultado del análisis e integración de los mismos. Estas capas hacen parte de los criterios utilizados en el análisis multiobjetivo, análisis que permite la agregación de diversas variables de carácter contradictorio para así darle la importancia ambiental requerida para el desarrollo del proyecto.

La integración de sistemas de información geográfica con modelos espaciales y análisis multicriterio constituyen una importante herramienta para el campo de la planificación y ordenación del territorio, para la descripción, explicación, planificación o predicción de procesos de naturaleza espacial.

En este enfoque, se integran al SIG una serie de elementos que pertenecen a la toma de decisiones, como alternativas, objetivos, criterios, reglas de decisión, preferencias del decisor y otros. Todo ello, con el fin de dar soporte a la toma de decisiones respecto a problemas espaciales, entre los cuales se destacan los de localización y asignación de actividades o usos del suelo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las áreas susceptibles de sustracción en zonas de reserva forestal para el municipio de Restrepo, Valle del Cauca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Asignar y consolidar la información dándole valores a las áreas que no son susceptibles de sustracción y a aquellas que sí lo son.
- Modelar mapas temáticos, de áreas susceptibles a sustracción en el municipio de Restrepo
- Evaluar la distribución territorial y división política administrativa de las áreas susceptibles de sustracción del municipio de Restrepo.
- Analizar el estado de los recursos naturales identificados por medio de los mapas temáticos de las áreas degradadas como consecuencia del uso inadecuado que se presenta actualmente en el municipio de Restrepo.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. MARCO TEORICO

“Las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) han tenido su origen en la Economía y en la Ciencia política y de la Decisión (Romero, 1993; Barba Romero y Pomerol, 1997), pero en los últimos años se ha empezado a introducir como una herramienta más en los SIG”<sup>4</sup>.

Para Barredo, La evaluación multicriterio (y multiobjetivo) es un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones

Según Coloson y De Bruin 1989, La toma de decisiones multicriterio debe ser entendida como un "mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios

De acuerdo con Nijkamp y Van Delft 1997, Los análisis multicriterio y los modelos de decisión multiobjetivo ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de PLANIFICACIÓN, particularmente debido a que varios efectos intangibles, como los sociales y las repercusiones ambientales pueden ser considerados cabalmente

Según Barredo, La toma de decisiones en el contexto teórico multiobjetivo y multicriterio, la EMC es un conjunto de técnicas orientadas a la toma de decisiones en el cual se encuentran un número de alternativas de múltiples criterios y objetivos en conflicto<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> GÓMEZ, M. & J. BARREDO. 2005. Sistemas de información geográfica y evaluación Historia y Aportes de la Ingeniería Forestal en Colombia [en línea]. Bogotá D.C: Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales – ACIF, 2009 [consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.geogra.uah.es/~joaquin/curso-Honduras/Evaluacion-multicriterio.pdf>

<sup>5</sup> Ibid., Disponible en Internet: <http://www.geogra.uah.es/~joaquin/curso-Honduras/Evaluacion-multicriterio.pdf>



Los sistemas de información geográfica no son sino programas o conjuntos de programas informáticos diseñados para trabajar con información georreferenciada, mediante coordenadas espaciales o geográficas.

El estudio simultáneo de los aspectos temático y espacial de la información geográfica permite un análisis más complejo de las estructuras espaciales. El manejo de los SIG plantea un nuevo concepto de la estructura espacial, ligado a la modelización del espacio, mediante una representación digital con base a objetivos discretos, de los dos modelos o sistemas existentes, vectorial y ráster, el segundo compartimenta el espacio en una retícula regular, cuyos objetos poligonales sirven de elementos espaciales de recogida de la información. Pues bien, a partir de estos elementos espaciales simples se puede gestionar informáticamente la información geográfica con un elevado índice de eficacia.

Es este uno de los motivos fundamentales del interés de su empleo para gestionar la problemática medioambiental del territorio en el marco del planteamiento teórico multi-criterio.

**4.1.1 Cartografía ambiental.** La cartografía ambiental surge como respuesta a la necesidad de proporcionar una base científica para la planificación ambiental y la ordenación del territorio. Las decisiones sobre planificación y manejo del territorio tienen normalmente un componente de tipo espacial, es decir, incluyen alguna forma de asignación de usos a distintas porciones de la superficie terrestre en la zona objeto de estudio.

De esta manera, las diferentes unidades espaciales del territorio, sobre cuyo uso se ha de decidir, deben ser descritas y evaluadas en relación con las posibles actividades a desarrollar. Es por tanto necesario determinar qué unidades integran un territorio dado, dónde se localizan, cómo interactúan unas con otras, qué extensión tienen, qué cualidades significativas presentan desde el punto de vista ambiental, cómo se relacionan estas cualidades, y proporcionar una representación gráfica adecuada de dichos aspectos.

Los mapas constituyen la única forma de hacer esa representación gráfica, y configuran así un instrumento metodológico básico e imprescindible para el establecimiento de directrices y normas de planeamiento y manejo del territorio.

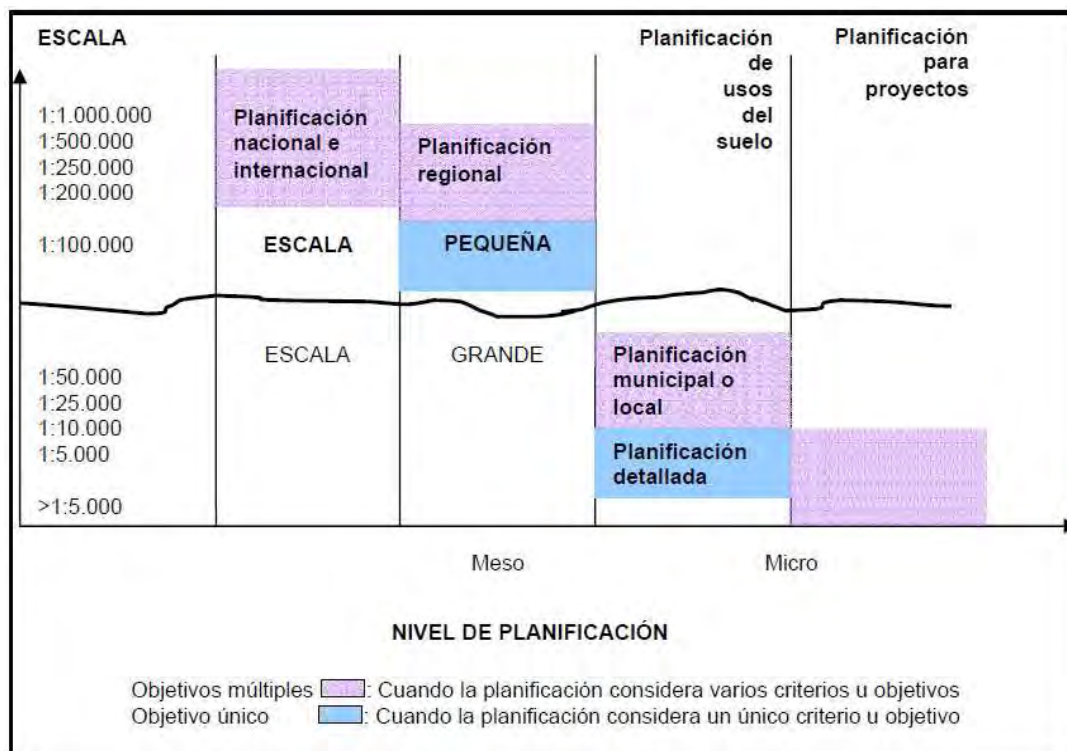
Para la construcción o selección de los mapas de cualquier estudio territorial, se debe tener en cuenta que su escala está directamente relacionada con el objetivo de planificación. Por su parte, este objetivo determina el nivel de planificación del territorio: “macro”, “meso” o “micro”. En los estudios de planificación “macro”, se definen las políticas y prioridades de desarrollo en un ámbito general o nacional.

En el nivel “meso”, se identifican las áreas óptimas para la localización de las actividades en un contexto regional o departamental. Y la planificación “micro”, conduce a la asignación de usos del suelo, a la identificación de ubicaciones óptimas para desarrollos específicos y al diseño de proyectos, todo esto en un contexto municipal o local. La Figura 1 muestra la relación entre escalas, niveles y tipos de planificación. El presente estudio está enmarcado en la planificación departamental, con criterios múltiples.

En estas escalas cartográficas se producen varios tipos de mapas, dependiendo de la extensión del área, su grado de heterogeneidad, su carácter y el propósito específico del estudio. Estos mapas incluyen en casi todos los casos una parte descriptiva de la realidad y una parte de evaluación o de interpretación de esa realidad. En este sentido, los mapas pueden clasificarse en:

- *Descriptivos*: Estos mapas representan rasgos observables del territorio como la geomorfología, la geología, el uso actual del suelo y la cobertura vegetal.
- *Diagnóstico*: Son el resultado de la combinación, interpretación y evaluación de la información acerca de las variables características del territorio, para obtener “cualidades significativas” relevantes para la planificación. Estos mapas diagnósticos reflejan las condiciones actuales del área y sus recursos.

### Figura 1. Relación entre escalas, niveles y tipos de planificación



Fuente: ORTEGA SEGURA, Diana Alejandra la minería y el ordenamiento territorial Estudio de caso. Área minera, empresa mineros s.a. [en línea]. Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Medellín: escuela de geociencias y medio ambiente, 2006 [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://www2.unalmed.edu.co/minas/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&qid=1209&Itemid=57](http://www2.unalmed.edu.co/minas/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&qid=1209&Itemid=57)

**Prescriptivos:** Normalmente, son los *mapas síntesis* usados directamente por los planificadores; ellos toman la forma de mapas de recomendaciones y limitaciones de uso del suelo o de asignación de usos del suelo, y el principal mapa síntesis y una guía para la toma de decisiones de las autoridades territoriales y ambientales.

Los mapas resultantes o mapas síntesis deben construirse con base en la delimitación de áreas homogéneas, las cuales se definen teniendo en cuenta características similares o el potencial y la respuesta frente a distintas actividades humanas.

Cuando se pasa de los mapas descriptivos a los mapas diagnóstico y luego a los prescriptivos, se incrementan tanto los criterios de evaluación, como la subjetividad del juicio profesional, y en consecuencia, la complejidad en su construcción.

Existen diversas metodologías para la construcción de mapas ambientales con fines de planificación. Estas metodologías se pueden agrupar en dos categorías.

**Metodologías de carácter sintético:** Se hace la integración del territorio al inicio del estudio, identificando y representando las unidades ambientales homogéneas, las cuales constituyen la división “horizontal” del medio.

La principal desventaja de estos procedimientos “sintéticos” estriba en que la definición de unidades entraña una gran subjetividad, sobre todo al delimitar unidades mayores, porque a escalas relativamente pequeñas es muy difícil definir criterios precisos para la delimitación, o porque los criterios elegidos poseen unas condiciones de variabilidad que hacen difícil establecer unos límites netos entre las unidades.

**Metodologías de carácter analítico:** Basadas en la representación por separado de los distintos elementos o características del territorio. Constituyen la división “vertical” del medio en capas de información, las cuales se integran al final.

En este caso, el territorio no se considera como un todo susceptible de subdividirse en unidades ambientales, sino que, por el contrario, se trata como algo constituido por la superposición o agregación de una serie de elementos, cada uno de los cuales puede, a su vez, subdividirse en unidades con representación cartográfica.

Las metodologías de tipo analítico presentan las siguientes ventajas. Permiten trabajar de manera interdisciplinaria, lo que redundaría en la calidad de los inventarios realizados.

- Eliminan en gran parte la componente subjetiva inherente a la creación de unidades homogéneas, ya que éstas, generalmente, están basadas en la interpretación de las formas de relieve.

- Presentan una mayor precisión en la cartografía y facilitan la cuantificación en fases posteriores del trabajo.
- Facilitan de manera notable la creación de bancos de datos y el tratamiento informático de los mismos.

Como desventaja cabe reseñar que no plasman con tanta claridad la realidad global del territorio y las interacciones entre los diferentes elementos. Además, si no existe información previa, la fase de inventario puede resultar muy larga y costosa.

Ramos et al. (1979) indican que las metodologías para la construcción de mapas ambientales, en cualquier caso, tienen que facilitar la incorporación de las consideraciones ambientales al proceso de toma de decisiones. Por otra parte, es importante que el producto final integrado del análisis del medio, se presente de forma comprensible para el no especialista, de manera que a éste le resalten con claridad los aspectos relacionados con los objetivos del *problema* a resolver. Además, el proceso de planificación, en su sentido integral, requiere para la solución de un problema, el aporte y convergencia de diversas y distintas ramas del saber; por consiguiente, para el desarrollo y aplicación de estas metodologías se requiere un enfoque por *problemas* y no por *disciplinas* (Cendrero, 1980).

Para resumir, todos los procedimientos terminan por obtener un producto final en forma de unidades homogéneas, donde la cartografía ambiental tiende a delimitar porciones del territorio que tienen una capacidad o un potencial dados para un cierto uso. Esto implica homogeneidad con respecto a alguna(s) característica(s). La diferencia está en que por un lado las unidades homogéneas lo son a nivel de descripción, y por el otro, esa homogeneidad es el resultado de una valoración realizada durante la fase de integración.

Las escalas apropiadas de los mapas ambientales usados para la toma de decisiones de planificación y solución de problemas ambientales, como es el caso del ordenamiento territorial, están entre 1:5.000 y 1:25.000 (Lüttig, 1987; Cendrero, 1990).

Los requerimientos cartográficos para el ordenamiento de zonas mineras van a depender de la finalidad específica del estudio y de las particularidades del territorio que se pretende ordenar. No obstante, la disponibilidad y facilidad en la consecución de la información, es en muchos casos y especialmente en nuestro medio, determinante a la hora de seleccionar los elementos que van a ser incluidos en el análisis territorial. En términos generales, se podría hablar de una cartografía compuesta por elementos territoriales relevantes para el estudio, como rasgos culturales, económicos, físicos, y bióticos, entre otros, y por mapas diagnóstico y mapas síntesis, resultado del análisis e integración de los mismos. Estas capas hacen parte de los criterios utilizados en el análisis multiobjetivo, análisis que permite la agregación de diversas variables de carácter contradictorio.

**Figura 2. Metodologías para la cartografía ambiental**



**Fuente:** Principios de Cartografía Temática. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 1998. p.85.

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1 SIG. y Cartografía

**4.2.1.1 Cartografía.** La cartografía o trazado de mapas es un conjunto de técnicas y una materia de estudio académico y un mapa es la representación del terreno a modo de diagrama.

La realización de mapas ha requerido:

A. Estar en capacidad de encontrar y seleccionar la información sobre diferentes aspectos de la geografía a partir de fuentes variadas, para después extraer los resultados en un único grupo de datos consistentes y precisos.

B. Técnicas y habilidades de diseño con el fin de construir un mapa final que logre representar con un alto grado de confianza la información, para que los usuarios, que poseen diferentes grados de conocimiento en la lectura de mapas, puedan interpretarlo correctamente.

C. Destreza manual y técnica de diseño gráfico para simplificar y dibujar la información mediante símbolos, líneas, polígonos y colores, de modo que el amontonamiento o el desorden sean mínimos y el mapa resulte legible.

Pero los mapas no sólo son creaciones artísticas que muestran las habilidades de sus diseñadores, sino que son, también documentos históricos y sociológicos. Así, los primeros mapas producidos por instituciones cartográficas oficiales, suponen un archivo de información de vital importancia sobre la evolución del paisaje hasta nuestros días, ya que muestran objetos que alguna vez fueron y hoy ya no son. Estos mapas proporcionan pruebas sobre aspectos espaciales que sufrieron algún tipo de cambio debido a la utilización (buena o mala) se hizo en el pasado. La producción de mapas y las circunstancias en que se elaboraron son temas de estudio académico, ya que explican de alguna manera ciertos aspectos de la mentalidad de una época histórica.

No existe una metodología exacta de cómo construir los mapas. El modo depende de las herramientas de las que dispone el cartógrafo, del fin del mapa y de la base de conocimientos. Sin embargo, sí existen diversos métodos empíricos que pueden servir de guía.

**4.2.1.2 Cartografía básica.** Este tipo de cartografía (mapa topográfico) se utiliza para representar áreas del terreno que muestran los elementos naturales (curvas de nivel, aguas, red hídrica), elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los centros poblados. También muestran fronteras políticas, como pueden ser los límites de las ciudades, de los municipios o de los departamentos.

Los mapas topográficos, debido a la gran cantidad de información que representan, se utilizan a menudo como mapas generales de consulta.

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, utiliza cartografía básica proveniente de varias fuentes, tales como:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM]

**4.2.1.3 Cartografía temática.** Cartografía temática, es la rama de la cartografía que es utilizada por otras ciencias para representar gráficamente sobre un plano los objetos y fenómenos del universo que son su objeto de estudio.

La finalidad de la cartografía temática es entonces la misma que la de la cartografía en general, representar a través de actividades técnicas, científicas, tecnológicas y artísticas el mundo real, los fenómenos y los objetos del universo sobre un plano; pero varía de esta en cuanto a que busca resaltar un objeto o un fenómeno específico que caracteriza a una determinada rama de la ciencia.

Para tal efecto hace uso de diversas herramientas denominadas variables visuales para representar, distinguir, manejar y espacializar aquellos objetos y fenómenos que deben reflejarse en el plano; las variables visuales son: Forma, Color, Orientación, Grano, Valor y Talla, y su utilización está de acuerdo al nivel de organización de la información contenida (cualitativa, ordenada, cuantitativa) y el tipo de implantación gráfica de la información en el plano (es decir en dos dimensiones).



El concepto de cartografía tradicional recoge todas aquellas representaciones de conceptos ligados a territorios que se expresan con los recursos gráficos de siempre. Es decir, la información se plasma de forma simbólica y central<sup>6</sup>.

En muchas ocasiones las herramientas para la generación de cartografía temática, requieren que los datos cartográficos iniciales deban ser procesados de forma conveniente de tal modo que permita extraer y representar la información deseada ya que eliminan por abstracción todos aquellos detalles del ámbito geográfico a tratar, que no sean necesarios para la comprensión de la idea que el dibujo pretende mostrar.

Los mapas temáticos se pueden clasificar de acuerdo a criterios geográficos, en dos grandes grupos, como son: los mapas temáticos analíticos y los mapas temáticos sintéticos.

Los mapas temáticos analíticos son aquellos que representan una sola variable geográfica o varias categorías de observaciones. Si representa una sola variable, se les llaman representaciones analíticas univariantes y pueden ser cualitativos o cuantitativos; y si en cambio, se representan varias variables de observaciones de manera superpuesta o yuxtapuesta, sean estas cualitativas o cuantitativas, pero, sin considerar, las posibles combinaciones, se denominan representaciones analíticas plurivariantes.

En las representaciones analíticas univariantes cualitativas, según, la escala, tendríamos: mapas, cartas y planos analíticos univariantes cualitativos; como por ejemplo, los levantamientos de suelos -que señalan los tipos de suelos y sus características-, las representaciones climáticas -que señalan tipos de climas, distribuciones y sus características-, los levantamientos litológicos -señalan tipos de rocas, sus características y formaciones superficiales. Entre las cuantitativas tenemos, las representaciones sobre la distribución o variación de la población, sobre densidades de población, pluviosidad, temperatura, humedad, etc.

Las representaciones analíticas plurivariantes cualitativas son frecuentemente utilizadas en geomorfología, ellas se acoplan con leyendas con símbolos descriptivos reagrupados con grandes temas (litología, cronología, procesos de

---

<sup>6</sup> Principios de Cartografía Temática. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. 1998. p.21-22.

erosión o acumulación, un ejemplo de representaciones analíticas plurivariantes, son los mapas edafológicos, que señalan los tipos de suelo según los usos, pendientes, profundidades, erosión y drenaje de los suelos. Las representaciones analíticas plurivariantes cuantitativas, son empleadas, para rentas y valor comercial del suelo; flujos y tiempos de transporte.

En cuanto, a las representaciones temáticas sintéticas, que son aquellas donde se combinan dos o más variables geográficas que tienen estrecha relación entre sí. Tales representaciones expresan las combinaciones de muchas variables donde las asociaciones originales explican de manera particular o global la diferenciación del espacio geográfico. Se podrá decir, que son el resultado, corrientemente de las generalizaciones empíricas que se basan en la escogencia subjetiva de criterios, los cuales obedecen a una información concentrada, reunida y a una experiencia acumulada por el trabajo constante y disciplinado. Esta fase del trabajo cartográfico presenta entonces el inconveniente de depender doblemente de la experiencia o de la competencia investigativa del investigador. Depende en gran medida de la escogencia de las variables, de la concepción que tenga el investigador y de las limitaciones que tengan las asociaciones o reparticiones areales: La objetividad de los resultados obtenidos en esta fase cartográfica, la hacen bastante cuestionables a los ojos de otros investigadores. Este tipo de mapa, expresa los diferentes puntos de vista originales y personales que deben primar en toda investigación, aportando los conocimientos técnicos y artísticos de la representación que también podrían ser considerados como aportes de los resultados de la investigación.

Ejemplo de mapas sintéticos, los hallamos en, los mapas, cartas o planos geomorfológicos donde se representa la influencia de las rocas, la tectónica y los climas en relación con el relieve. Las representaciones sobre las posibilidades del uso del suelo dentro de una ciudad, donde se pueden observar relaciones entre los usos residenciales, comerciales, industriales y recreativos. Las representaciones analíticas y sintéticas son estáticas cuando los fenómenos mapeados se encuentran en su sitio de origen y en su condición de inmovilidad. Las representaciones analíticas y sintéticas son dinámicas, en contraposición a lo anterior, es decir, cuando los fenómenos espaciales dentro de su complejidad representan un cierto movimiento, ejemplos, son los mapas de distribución de las migraciones, el transporte como flujo, el comercio de productos, la importación-exportación de cualquier producto industrial o agrícola, los fenómenos políticos e históricos. etc.

Es conveniente aclarar que la diferencia más notable entre la cartografía básica y la cartografía temática radica en que la primera representa múltiples variables geográficas expresadas en conjunto, no individualizada, producto de la vecindad

o la yuxtaposición una representación por combinación o asociación de variables, ejemplo: relieve + hidrografía + infraestructura vial + centros urbanos = representaciones básica -cartas o planos topográficos-; otra diferencia fundamental, es que, la cartografía básica hoy en día está estrechamente vinculada con la restitución fotogramétrica y la cartografía temática está conectada a procedimientos manuales convencionales.

Con la cartografía temática se posibilita que mediante las diferentes graficaciones temáticas se logra representar, cualificar y cuantificar los diferentes recursos naturales y culturales, según los variados niveles de desagregación territorial, así mismo, se tendrá, por tanto, una indispensable herramienta que hace posible una visión integral, la interpretación y análisis de los fenómenos del espacio geográfico<sup>7</sup>.

#### **4.2.2 Algunos conceptos básicos**

**4.2.2.1 SIG.** "Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos espacialmente-referenciados para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión" (lectura NCGIA por David Cowen, 1989).

La expresión "espacialmente-referenciados" se refiere a que todos los elementos que forman parte del sistema tienen una expresión espacial (por ejemplo una carretera) que puede ser georreferenciada en el espacio con respecto al origen de un sistema de coordenadas determinado. Esto nos permite almacenar en un mismo ambiente, en forma de capas, la información ordenada para poder analizarla y obtener de ella nueva información.

El objetivo principal de un SIG no es representar la realidad a través de un mapa, sino analizar los datos contenidos en los mismos para crear nuevos mapas a partir de los ya existentes. No son una ciencia en sí misma, sino una herramienta al servicio de muchas y variadas disciplinas, cualquiera que emplee información espacial.

**4.2.2.2 Escala Los mapas.** Son documentos intuitivos y la mayor parte de su información está accesible para cualquiera de nosotros sin necesidad de unos

---

<sup>7</sup> Ibid., p.129.

conocimientos especiales. Sin embargo es conveniente repasar algunos conceptos e ideas que pueden resultar de utilidad a sus usuarios:

Todo mapa es una representación reducida de la realidad, y siempre existe una proporción constante en toda su superficie entre el tamaño real de los objetos originales y el de su representación en él. La escala del mapa es esa relación y suele nombrarse como una fracción ( $1/200.000$ ,  $1/5.000$ , etc.). Cuanto mayor sea el denominador, menor será la escala y consecuentemente el grado de detalle con que se representa el territorio; e inversamente, mayor será la superficie representada.

**4.2.2.3 Latitud y longitud.** De forma universal, cualquier punto de la superficie terrestre puede designarse a través de su latitud y su longitud.

La **latitud** representa la distancia al Ecuador del punto designado, y lo hace como una medida angular. Es decir, se expresa en grados, minutos y segundos al Norte o al Sur. Todos los puntos que se encuentran a la misma latitud forman un paralelo. Los trópicos de Cáncer (en el Hemisferio Norte) y Capricornio (en el Sur) y los círculos polares Ártico y Antártico no son sino paralelos determinados por las condiciones en que llega la luz solar a la Tierra a lo largo de las estaciones.

La **longitud** sirve para representar la posición Este-Oeste. Análogamente a los paralelos, los meridianos son las líneas de igual longitud, es decir, que unen en línea recta ambos polos sobre la superficie terrestre. A falta de un criterio geográfico más relevante, hasta el s. XIX no hubo un acuerdo sobre qué punto debería determinar el origen de las longitudes, si bien la mayor parte de la cartografía lo establecía en el extremo Oeste de la isla del Hierro (Tenerife), ya que hasta el descubrimiento de América éste era considerado el punto más occidental del mundo conocido. Posteriormente, en 1884 una conferencia internacional adoptó el criterio, igualmente arbitrario, de considerar la línea que une los dos polos pasando por el Real Observatorio de Greenwich (Londres, Reino Unido) el meridiano cero y origen de los husos horarios. No obstante, en España la cartografía realizada con anterioridad a 1970 consideraba como meridiano cero el que pasaba por Madrid.

**4.2.3 Proyecciones cartográficas.** Para producir los mapas y otros productos cartográficos necesitamos trasladar la superficie terrestre, que es curva, a un soporte plano, sobre el cual se representa. Para ello se utilizan las proyecciones cartográficas.

En cualquier proyección, la fiabilidad es máxima en el punto o líneas de tangencia del plano con la superficie del esferoide, pero al alejarnos se producen deformaciones cada vez mayores; por eso es inevitable la existencia de distorsiones en el mapa final. La elección de una u otra proyección depende de factores como cuánta superficie representar (continentes, provincias, unos pocos kilómetros cuadrados), en qué zona de la Tierra estamos trabajando, cuál va a ser el uso del mapa, etc.

La mayor parte de los productos cartográficos de cierto detalle que podemos encontrar en todo el mundo, la proyección elegida es la Universal Transversal Mercator (UTM), derivada de la cilíndrica.

El sistema UTM tiene la peculiaridad de que no consiste en una única proyección para todo el globo, sino que se realizan múltiples proyecciones, 60 en total, y se aprovecha de cada una de ellas solamente la superficie en que la distorsión es nula o muy pequeña. Esta porción, que abarca 6 grados de longitud, se denomina huso. Así, dividiendo en husos de proyección la circunferencia terrestre, se consigue un sistema homogéneo e igualmente válido para cualquier zona de la Tierra.

Por otro lado, la proyección de cada huso por separado conlleva asignar a cada uno de ellos un origen de coordenadas cartesianas propio, por lo que para designar un punto cualquiera en coordenadas UTM es preciso hacer referencia al número de huso junto al valor de X e Y. El origen de coordenadas se sitúa en un punto que dista 500 km. al Oeste del Meridiano Central del Huso y, para nuestro Hemisferio, el Ecuador.

**4.2.4 Mapas y planos.** Según lo visto, la proyección de la superficie terrestre sobre un plano conlleva necesariamente la existencia de algunas deformaciones. Todo mapa tiene estas deformaciones. Sin embargo, si la superficie a representar es muy pequeña, es decir, en el caso de escalas muy grandes, las deformaciones inducidas por la curvatura terrestre en esa zona son de tan escaso valor que en la práctica no tienen representación en el producto final, al que no denominamos mapa sino plano.

La forma de la Tierra es aproximadamente esférica con achatamientos en los polos, pero para poder elaborar productos cartográficos fiables es necesario conocer su forma con más precisión. Para hacerlo se define una figura que coincide con el nivel medio de los océanos del mundo y continúa sobre los

continentes como una superficie imaginaria a nivel promedio del mar. Esta figura, que se llama geoide, carece de las irregularidades inducidas por el relieve terrestre (más de 8.800 metros en el Everest ó 10.000 en la Fosa de las Marianas) pero aún así continúa siendo una figura geométrica irregular.

Esta irregularidad plantea un problema para poder trasladar al plano su superficie, es decir, proyectarla. Para solucionarlo se recurre a definir una elipse cuya rotación se adapte lo mejor posible a la forma del geoide: el resultado es el elipsoide de referencia, un modelo simplificado y regular sobre el que se realizan los cálculos de las proyecciones cartográficas.

En la práctica existen diversos elipsoides de referencia que se utilizan en distintos lugares o para diferentes propósitos por su mejor adaptación a esa zona o para esos fines.

**4.2.5 El sistema de referencia o datum.** Aunque el elipsoide es una figura regular sobre la que realizar proyecciones, el modelo geométrico sobre el que se realizan todos los cálculos necesarios no está aún completo. Es necesario también conocer su posición en relación a la forma física de la Tierra. Sólo cuando hemos descrito ambas cosas: el elipsoide y su posición respecto al geoide, hemos definido un Sistema Geodésico de Referencia (o Datum).

En los sistemas más clásicos, en los que el Datum tiene por objetivo el desarrollo de la cartografía de una zona concreta, hablamos de Sistemas de Referencia Locales, y se definen teniendo en cuenta el "Punto Astronómico Fundamental", en el cual la superficie del elipsoide y del geoide suelen coincidir. Se trata, no de un origen de coordenadas, sino de un punto de partida desde el cual se calcula el resto de puntos cuando se trabaja en ese Datum.

De forma más reciente se han desarrollado Sistemas de Referencia Geocéntricos, de carácter global porque son definidos para su aplicación en todo el planeta, y que no tienen Punto Astronómico Fundamental, sino que su posición respecto al geoide se define por la orientación de sus ejes cartesianos y su origen en el centro de masas del planeta.

El sistema de referencia utilizado actualmente por la cartografía oficial española es el Datum Europeo de 1950 (ED50), de tipo local, que tiene como Punto Astronómico Fundamental la Torre de Helmert del Observatorio de Postdam (Berlín) y como elipsoide de referencia el de Hayford de 1909, también conocido como Elipsoide Internacional de 1924.

A pesar de que esto pueda parecer una cuestión técnica alejada del interés de los usuarios finales de la cartografía, lo cierto es que la información sobre el Datum tiene su importancia. Un mismo punto de la superficie terrestre ofrece diferentes coordenadas cuando se han calculado usando Datum distintos. Esto, que generalmente pasa inadvertido, puede ser causa de errores cuando se utilizan fuentes distintas a la cartografía oficial para obtener las coordenadas de un punto. Este es el caso de los navegadores GPS (Global Positioning System), muchos de los cuales utilizan por defecto el Datum WGS84, que fue desarrollado para el sistema GPS y por tanto, a diferencia del ED50, es global. La diferencia de coordenadas entre los Datum ED50 y WGS84 puede llegar a cientos de metros. Por este motivo, y con el fin de evitar errores, lo correcto para designar las coordenadas de un punto es citar, junto a su valor, el sistema de referencia sobre el que se han calculado.

Actualmente los organismos cartográficos europeos están trabajando en la puesta en marcha de un nuevo sistema de referencia europeo, el ETRS89, de tipo geocéntrico, y que en un futuro cercano sustituirá al ED50 como Datum de la cartografía oficial. El Datum ETRS89 es equivalente al WGS84 para la mayoría de las aplicaciones topográficas y cartográficas, pero permite aún mayores precisiones que éste en Europa.

**4.2.6. Planificación y ordenamiento de territorio.** Entendemos por planificación territorial las actividades, realizadas por cualquier agente público o privado, para establecer políticas que deben ser seguidas por la población y otros agentes económicos en cuanto al uso de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la asignación de las diferentes actividades.

La planificación y ordenación de territorio tanto física como espacial con énfasis al uso potencial del suelo y ocupación del territorio es un proceso muy complejo de toma de decisiones que comprende asuntos económicos, físicos, bióticos, culturales y políticos, los cuales frecuentemente están en oposición. Los conflictos se presentan porque, en el contexto de la planificación territorial, participan varios actores, cada uno de los cuales persigue objetivos propios y, en general, conflictivos con los objetivos de los demás. Además, el conflicto no sólo se origina por la diferencia de intereses, sino por la superposición territorial y la desarticulación entre la normatividad de los diferentes aspectos que como lo son los asentamientos, infraestructura física, y actividad socioeconómicas en cuanto a la normatividad ambiental y territorial. Por otra parte, la identificación de estos conflictos debe inducir al planteamiento de propuestas que redunden en la disminución de ellos y así lograr un proceso ordenado de criterios de sostenibilidad.

Los SIG y el AMO son herramientas de gran utilidad, ya que soportan las decisiones tomadas frente a la ordenación del territorio. Por un lado, los SIG permiten el manejo del componente espacial; y el AMO facilita la integración de un gran número de criterios contradictorios e independientes, y la incorporación de las preferencias de los actores o decisores del ordenamiento.

El ordenamiento de la ocupación del territorio actual y usos potenciales del suelo parte de la descripción del medio natural y social del área, reconociendo el potencial del área y las restricciones legales y ambientales para la determinación de las áreas susceptibles de sustracción. Cada área espacial tiene características específicas que condicionan su ordenación. Este ordenamiento depende de variables como las condiciones propias del territorio, en cuanto a los asentamientos rurales, infraestructura física, y actividades socioeconómicas, dichas variables son el uso actual, pendiente, erosión, ecosistemas estratégicos, legal, recurso hídrico, amenazas y riesgo natural, reservas para proyectos de utilidad pública e interés social. El ordenamiento debe apuntar hacia el desarrollo sostenible.

La información temática necesaria para el análisis del área espacial son todas las relaciones que conforman el territorio como lo son los subsistemas social (cultural, político, económicos, y el subsistema natural (físicos y bióticos).

Una vez hecha la delimitación del área espacial de los diferentes componentes que se encuentran en ella aspectos como los son los asentamientos, infraestructura física y actividades socioeconómicas, se procede a identificar y describir su ubicación sobre el uso del suelo potencial y la ocupación del territorio actual.

Igualmente, la descripción de la situación legal y de la propiedad de las tierras es un aspecto fundamental ya que condiciona las potencialidades y restricciones para el desarrollo de las diferentes actividades. Para ello se esclarecerá la tenencia de la tierra, el tipo de título de diferentes actividades, los territorios indígenas o de comunidades negras, áreas de manejo especial, parques naturales de carácter regional, áreas de reserva forestal, áreas de protección especial (zonas de humedales y zonas de páramo), y otras áreas de especial interés que hagan parte de la zona de estudio.

Como resultado de la descripción y caracterización territorial se obtiene una imagen del estado actual de la zona de estudio que refleja la calidad de los recursos y los tipos y niveles de intervención. En síntesis, esta etapa reúne la



información de la zona de estudio sobre las condiciones económicas, culturales, políticas y legales, la geología, geomorfología, hidrología, los suelos, el clima, la vegetación y la fauna. Estos aspectos deben ser cartografiados a una escala de trabajo similar, y clasificados en categorías o clases según la finalidad del estudio<sup>8</sup>.

#### **4.2.7. Herramienta de toma de decisiones multiobjetivo en la planificación.**

El fin básico de la Toma de Decisiones es la racionalización de todo tipo de decisión; en otras palabras, es buscar un soporte para las decisiones o hacer más sólido su planteamiento, a través del uso de herramientas como el Análisis Multiobjetivo (AMO).

El análisis multiobjetivo puede entenderse como “un mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos para auxiliar a los decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar alternativas, con base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) y de acuerdo a varios objetivos o criterios”.

Las técnicas multicriterio pretenden evaluar un número continuo (número infinito) o discreto (finito) de alternativas a la luz de múltiples criterios y objetivos en *conflicto*. Estos métodos permiten incluir, fuera del criterio económico, criterios de cualquier tipo; además, ofrecen la posibilidad de tener en cuenta a varios actores. Por esta razón, dichas técnicas son muy útiles para la planificación y ordenación del territorio, ya que:

- Los planificadores y las autoridades territoriales han aceptado la dificultad de evaluar económicamente los recursos naturales y los impactos ambientales, siendo necesario recurrir a otras técnicas como las de AMO.
- La planificación y ordenación del territorio en el ámbito del gran desafío que es el desarrollo sustentable, hace explícito considerar aspectos económicos, ecológicos y/o sociales, como también la participación de varios actores.

---

<sup>8</sup> Uso de Mapas y Fotografías Aéreas, Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 1990. p.16-23.

- En cualquier contexto de planificación territorial deben participar múltiples actores, cada uno de los cuales puede perseguir objetivos propios y por ende conflictivos con los objetivos de los demás.

- En ordenamiento, “es básico el análisis interdisciplinario de los diferentes elementos y procesos que lo caracterizan, con el objetivo de establecer una visión de conjunto de la problemática existente y ofrecer soluciones acordes con la misma.

Existen muchos artículos que presentan aplicaciones de las metodologías multiobjetivo, pero la mayoría son realizadas para la planificación de recursos hidráulicos, de usos agrícolas, de usos forestales, y hay pocos estudios de planificación y ordenación de las diferentes actividades en la zona de estudio que usen técnicas multicriterio o consideren en su análisis varios criterios son:

El estudio de *Potencialidades, uso actual del suelo y restricciones técnicas, económicas y ambientales para el desarrollo de las diferentes actividades presentes en el país*<sup>48</sup>, donde se plantea el uso del análisis multiobjetivo en la evaluación de potencialidades y uso actual. Aquí se propone el empleo de dos técnicas de AMO -Funciones de Valor Multiatributo y Método de Programación de Compromiso- para integrar los aspectos técnicos, económicos y ambientales que se consideren relevantes en la evaluación.

El carácter interdisciplinario del proceso de planificación y ordenación de las diferentes actividades, dado por los asuntos económicos, físicos, bióticos, culturales y políticos que contempla; y el conflicto que generalmente se presenta entre ellos, conduce a la necesidad de sustentar las decisiones de dicho proceso mediante algún procedimiento intuitivo o formal. Para el efecto, se dispone, entre otras herramientas, de las técnicas de Análisis Multiobjetivo, las cuales ofrecen los elementos analíticos requeridos para tomar una decisión y soportarla mediante un procedimiento formal de análisis en el cual participan criterios u objetivos en contraposición.

**4.2.8. Integración de sistemas de información geográfica y análisis multiobjetivo.** En años recientes, ha surgido un considerable interés en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como un sistema de soporte a la decisión. Para algunos, este rol consiste, simplemente, en ilustrar en forma de mapas, el resultado de un proceso de toma de decisiones. Sin embargo, es en el campo de la planificación y ordenación del territorio, donde

la integración de los SIG y el AMO, puede constituirse en una importante herramienta.

Los SIG juegan un papel vital en la fase inicial de la toma de decisiones espaciales, al almacenar, integrar y manejar gran cantidad de datos espaciales e información. De esta manera se facilita la presentación de la información en una forma comprensible a los decisores, quienes de otra manera no serían capaces de analizarla.

Otra cuestión destacable dentro de la estructura de un SIG es que el conjunto de capas que lo componen tiene una característica fundamental para las operaciones espaciales que pueden realizarse entre ellas. Consiste en que un punto de una determinada capa tiene exactamente la misma localización (X,Y) en las demás, lo que permite una perfecta superposición entre dos o más capas de un mismo SIG.

Con relación a proyectos de planificación y ordenamiento territorial cada capa temática de una base de datos puede constituir un criterio particular. De esta manera se cuenta con la posibilidad de gestionar con un SIG los distintos criterios y factores a incluir en los procesos de evaluación multicriterio, con base en los datos espaciales del territorio estudiado (Barredo, 1996).

Sin embargo, existen restricciones al uso de la herramienta. La limitación del SIG en la ciencia de toma de decisiones reside en la incapacidad de incorporar las preferencias del decisor en este proceso. En general, los SIG no proveen un mecanismo para representar elecciones y prioridades en la evaluación de criterios y objetivos en conflicto (Carver, 1991; Heybood, 1995). En otras palabras, estos sistemas no permiten al decisor cambiar la importancia de los criterios de evaluación, reduciendo así su potencial como herramienta de soporte a la decisión. Esto es especialmente cierto en el contexto de los problemas espaciales que incluyen toma de decisiones con múltiples actores o decisores.

Los SIG, con la integración de nuevas operaciones de modelado espacial, incrementan su potencial al poder ser utilizados como un importante medio para la toma de decisiones en procesos de planificación y ordenación del territorio, gestión ambiental, entre otros. Así, se puede plantear la integración de la tecnología SIG con modelos espaciales como una herramienta para la descripción, explicación, planificación o predicción de procesos de naturaleza espacial (Fischer y Nijkamp, 1992). Mientras que los SIG pueden proveer una

herramienta para el manejo de desacuerdos basados en hechos, al proveer más y mejor información, las técnicas de análisis de decisión pueden ayudar a disminuir desacuerdos basados en valores entre las partes que tienen intereses en conflicto. Bajo esas circunstancias, el último logro del SIG en la toma de decisiones depende de qué tan bien el sistema pueda tener éxito como un sistema de soporte a la decisión espacial, al ser incorporado en el proceso de toma de decisiones.

Es así como el uso del SIG permite describir y analizar, en detalle, las diferentes alternativas. Por su parte, el análisis multicriterio puede ser aplicado para comparar estas alternativas juntas, mediante la consideración de un conjunto de parámetros subjetivos usados para integrar las preferencias de los decisores.

Para el análisis espacial multiobjetivo, existen ciertos programas de SIG como IDRISI, que tienen módulos especialmente diseñados para la evaluación multicriterio. Otros programas vectoriales, como ArcGIS, aunque no cuentan con módulos de soporte a la decisión espacial como tal, ofrecen la posibilidad de *escribir programas* con las operaciones necesarias para llevar a cabo la evaluación multicriterio.

En este enfoque, se integra al SIG una serie de elementos que pertenecen a la toma de decisiones, como alternativas, objetivos, criterios, reglas de decisión, preferencias del decisor y otros. Todo ello, con el fin de dar soporte a la toma de decisiones respecto a problemas espaciales, entre los cuales se destacan los de localización y asignación de actividades o usos del suelo. A continuación se describen estos elementos:

- Alternativas: Representan las posibles decisiones. Se debe establecer una lista exhaustiva y excluyente de alternativas, las cuales deben ser evaluadas de la misma manera, para que todas tengan la misma oportunidad de ser seleccionadas.

En el análisis espacial multiobjetivo, las alternativas están compuestas por unidades espaciales (celdas, polígonos, líneas o puntos), las cuales representan un sitio individual, y constituyen la capa temática de objetos espaciales y el conjunto global de alternativas de selección

- Estados de la naturaleza: Son aquellas circunstancias o situaciones creadas por acciones de la naturaleza o por otros individuos o grupos no considerados en el análisis y que afectan los resultados finales. Cuando, bajo determinadas condiciones, el estado de la naturaleza es único y conocido, se dice que las decisiones se toman bajo certeza, de lo contrario se dice que se toman bajo riesgo o incertidumbre

- Objetivo: En general, expresa algo deseable; está constituido por dos elementos, el objeto en sí mismo y una regla de decisión sobre él. La regla de decisión indica la dirección de la optimización, señala el sentido de lo “deseable”, minimizar o maximizar. En el caso de múltiples objetivos el *satisfactum* implica valores aceptables para todos los objetivos. En el mundo del AMO, un objetivo se puede entender como una función a desarrollar; aquí, el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión (Eastman et al, 1993) o el tipo de regla de decisión a utilizar

Los objetivos pueden ser múltiples en determinados problemas de planificación, como la localización de proyectos y la asignación de actividades. En evaluaciones de este tipo, los objetivos pueden ser complementarios o conflictivos.

- Criterios: Su selección se hace con base en la diferencia que presentan las alternativas en ciertas características. Los criterios representan el deseo del decisor de cómo se debe hacer la escogencia de las alternativas.

Los criterios pueden ser de dos tipos: Factores y restricciones (limitantes). Un factor es un criterio que aumenta o disminuye la conveniencia de una alternativa específica para la actividad en consideración; éste, por lo tanto, debe ser representado con valores continuos. A su vez, los limitantes restringen las alternativas evaluadas, y son expresados en forma de mapas booleanos (lógicos), donde las alternativas a ser excluidas del análisis, tienen un valor de cero, y las que pueden ser consideradas, tienen un valor de uno. En algunos casos, estos mapas deben ser expresados por características que el conjunto de decisión debe poseer.

- La regla de decisión: Hace referencia al procedimiento (modelo o algoritmo) formal por el cual los criterios se seleccionan y combinan para alcanzar una evaluación particular, y también para comparar distintas evaluaciones.

Esto es posible, ya que una regla de decisión está estructurada a partir de una serie de procedimientos (aritméticos-estadísticos) que permiten integrar los criterios establecidos en un índice de simple composición; asimismo, puede proporcionar la manera de comparar las alternativas utilizando dicho índice (Eastman et al, 1993).

Los métodos de evaluación multicriterio, como el de promedios ponderados, proporcionan procedimientos que permiten integrar de manera coherente los criterios implicados en la toma de una decisión a través de reglas de decisión específicas.

La regla de decisión puede realizar dos tipos de procedimientos: La función de selección, la cual clasifica, y la función heurística, que selecciona. En el primer caso, la regla de decisión provee una forma matemática para la comparación de alternativas, mediante la realización de alguna forma de optimización (maximizar o minimizar alguna característica medible, tal como el valor de la capacidad de acogida), para lo cual se requiere, en teoría, que cada alternativa sea evaluada. Por el contrario, la función heurística especifica un procedimiento a ser seguido en vez de una función a ser evaluada; este procedimiento es comúnmente usado debido a su fácil comprensión e implementación.

- **Decisores:** Se denomina decisor al agente que tiene la potestad de seleccionar entre las diversas alternativas que se le presentan. Este agente puede ser un individuo o un grupo de individuos con igual estructura de preferencias, con estructuras distintas pero complementarias o incluso contradictorias. El decisor es el responsable del proceso de selección de las alternativas
- **Preferencias del decisor:** Representan lo subjetivo en este proceso. El decisor debe tener manera de ordenar sus preferencias de acuerdo con el conjunto de posibles efectos o consecuencias de sus acciones. Ese ordenamiento permite resolver el problema de la toma de decisiones, ya que se selecciona la alternativa que produzca la consecuencia con mayor preferencia entre todas las posibles<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup>ORTEGA SEGURA, Diana Alejandra la minería y el ordenamiento territorial Estudio de caso. Área minera, empresa mineros s.a. [en línea]. Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Medellín: escuela de geociencias y medio ambiente, 2006 [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet:

### 4.3. MARCO LEGAL

**4.3.1. Marco jurídico y de política de las reservas forestales y de las categorías de área protegidas.** Las áreas de Reserva Forestal. Se definen como extensiones territoriales que, por la riqueza de sus formaciones vegetales y la importancia estratégica de sus servicios ambientales, fueron delimitadas y oficialmente declaradas como tales por el Estado a través de Ley 2 de 1959 y el Decreto 111 del mismo año. A nivel nacional, estas áreas representan aproximadamente el 45% del área terrestre, superponiéndose con otras figuras de afectación legal del territorio como son las áreas protegidas del sistema de Parques Nacionales Naturales y Territorios de grupos étnicos. La mayoría de las áreas de Reserva Forestal Protectoras que existen en el Departamento del Valle del Cauca, Fueron declaradas en los años 1938 y 1941. Las zonas de reserva forestal configuran el patrimonio forestal y deben ser manejadas en forma sostenible. Las áreas de reservas forestales, fueron establecidas con una doble finalidad: la protección de aguas, suelos y vida silvestre, clasificadas como zonas forestales protectoras y el desarrollo de la economía forestal las destinadas a la producción forestal. Estas zonas prestan servicios ambientales y contribuyen a la generación de empleo e ingresos, a la erradicación de la pobreza, al desarrollo de las comunidades locales y la construcción de paz, siempre y cuando sean manejados con criterios de sostenibilidad social, económica y ambiental. Las zonas de reserva forestal se superponen con áreas de parques nacionales, resguardos indígenas y territorios colectivos de comunidades afrocolombianas.

Como existen algunas diferencias en el área actual de las reservas forestales (R.F.) (dadas las fuentes, base cartográfica, escalas y sistemas de coordenadas utilizadas para su análisis bien sea IGAC o IDEAM), se procedió a superponer el mapa oficial de R.F a escala 1:500.000, suministrado por IDEAM/2007, con el mapa oficial de los límites de Colombia, a escala 1.500.000 generado por el IGAC/2008. Además de la tecnología de punta que se utiliza actualmente para el dimensionamiento de áreas rurales como el GPS.

El área final resultante de las reservas fue definida por los límites del mapa elaborado por el IGAC, totalizando un área de influencia de las reservas de 51.024.034ha, lo cual exime 352.692 ha del límite oficial registrado por el IDEAM; se trata de una diferencia cartográfica que se superará en la medida que el IDEAM actualice el mapa de Reservas Forestales y se espacialice a escalas más detalladas. El área total declarada como Reserva Forestal, según la Ley 2/59 fue

de 65.280.321 ha; sin embargo debido principalmente a procesos de colonización, han sido sustraídas 13.903.565 ha, es decir, el 18.4% de la extensión original, siendo el área actual de las reservas 51.024.034 ha.

La Ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y dicta otras disposiciones”, atribuyó la competencia de alindar, reservar y sustraer las reservas forestales nacionales y reglamentar su uso y funcionamiento al Ministerio de Medio Ambiente..., igualmente adelanta procesos de ordenamiento territorial y ambiental que permitan la planeación y adecuado manejo de estas zonas, teniendo en cuenta variables ambientales y sociales, tarea que está adelantando con el apoyo del IDEAM y las Corporaciones Autónomas Regionales CAR .

Todo lo anterior se armoniza con la Política Internacional y Nacional de Biodiversidad, que acoge lo consagrado en el llamado Bloque de Constitucionalidad, Artículos 7, 8 , 79 y 80 normas superior jerarquía, exaltando el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines, protegiendo la diversidad étnica y cultural, las riquezas culturales y naturales de la Nación; Así mismo, asignó el deber de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo, concatenado con lo dispuesto en los artículos 334, intervención del Estado para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano. Estado como promotor de la productividad y la competitividad y el desarrollo armónico de las regiones, 366, el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado.

Aspectos relevantes sobre el alcance práctico de la protección al medio ambiente, consistente en la salvaguarda de la diversidad e integridad, la conservación de las áreas de especial importancia ecológica, el fomento de la educación ambiental, la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución, la prevención y control de los factores de deterioro ambiental, la imposición de sanciones legales, la exigencia de reparación de los daños causados al ambiente y la cooperación con otras naciones en la protección de los ecosistemas, son el presente y la proyección de la política ambiental del País.



Para un mejor hacer en la política ambiental Nacional, en forma simultánea se cuenta con El Conpes 3680 de 21 de julio de 2010, documento de política que busca establecer las pautas y orientaciones para avanzar en la consolidación del SINAP como un sistema completo, ecológicamente representativo y eficazmente gestionado, a fin de que contribuya al ordenamiento territorial, al cumplimiento de los objetivos nacionales de conservación y al desarrollo sostenible en el que está comprometido el país. Plantea las acciones estratégicas para implementarlas de 2011 a 2017. Entre ellas se destacan: diseñar e implementar el Registro Único de Áreas Protegidas; rediseñar el Sistema de Categorías de Áreas Protegidas estandarizado; afianzar la estructura de participación del SINAP; racionalizar la creación de nuevas áreas protegidas; mantener el proceso de identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades; generar acciones complementarias que aporten a la conectividad del Sistema; evaluar e implementar una estrategia de sostenibilidad y la efectividad de manejo y consolidar un sistema de información y monitoreo del SINAP. El marco normativo y de política del SINAP ha tenido un avance significativo con la expedición del decreto 2372 del 1 de julio de 2010, en el que se reglamentan diversos elementos para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Lo antes planteado, es concordante con las disposiciones normativas que enmarcan el Decreto Ley 28811 de 1974 (Código de los Recursos Naturales Renovables), en sus artículos ... 308, define las áreas de manejo especial así “Es área de manejo especial la que se delimita para administración, manejo y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables”, y el artículo 327 determina “Se denomina sistema de parques nacionales el conjunto de áreas con valores excepcionales para el patrimonio nacional que, en beneficio de los habitantes de la nación y debido a sus características naturales, culturales o históricas, se reserva y declara comprendida en cualquiera de las categorías que adelante se enumeran” las categorías son enumeradas en el artículo, 329 así: Reserva Natural; Área Natural única; Santuario de Flora; Santuario de Fauna, Vía Parque, así las cosas la misma norma insta la diferencia entre áreas de reserva forestal protectora, áreas de manejo especial y sistema de parques con sus categorías, estableciendo con meridiana claridad los fines y propósitos de cada una de ellas.

Con la Constitución Política de 1991, el país elevó el manejo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente, en otras palabras la biodiversidad, a la categoría de norma constitucional, mediante el reconocimiento de la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación (Art. 8), del derecho de los colombianos a tener un ambiente sano (Art. 79) y del desarrollo sostenible como el modelo que orienta el crecimiento económico, el mejoramiento de la calidad de vida y del bienestar social de la Nación, sin

agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. La Constitución es además clara en destacar el deber del Estado en torno a la necesidad de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, dentro de la gestión que el país ha hecho de su biodiversidad se destacan algunas normas generales que de manera directa o indirecta han contribuido al desarrollo de actividades para la protección, uso y manejo de la biodiversidad

**4.3.2. Concepto de área protegida antes de 1994.** De acuerdo a la evolución legal ambiental sus fuentes se distinguen así:

- Ley 2 de 1959 (habla de reservas forestales y parques nacionales)
- Decreto 2811 de 1974 (habla de reservas, áreas de manejo especial, que incluye sistemas de parques nacionales naturales)
- Decreto 622 de 1967 (habla sobre PNN's)
- 1991 Constitución Política, habla de Áreas de Especial Importancia Ecológica
- Ley 165 de 1994 (habla de Área Protegidas y las define).

**4.3.3. Distribución de las áreas naturales a nivel nacional**

**Cuadro 1. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel nacional**

DECLARA O RESERVA			ADMINISTRA	
CATEGORIA	ORGANISMO	NORMA	ORGANISMO	NORMA
Parque Nacional Reserva Natural Vía Parque Área Natural Única Santuario de fauna Santuario de Flora	Minambiente	Ley 99/93  Art.5, Numeral 18	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales	Ley 99/93  Art. 5, Num, 19
Áreas de Reserva Forestal de Interés Nacional	Minambiente	Ley 99/93  Art.5, Numeral 18	Corporaciones Autónomas	Ley 99/93  Art. 31 Numeral 16
Territorio Fáunico	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2
Reserva de caza	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2
Área de Manejo Integrado [Para Recursos Hidrobiológicos)	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2	Minambiente	Ley 99/93  Art. 5 Parágrafo 2
Área de Reserva (Para Recursos Pesqueros)	Minambiente	Decreto 2256/91  Art. 120	Corporaciones Autónomas Regionales	Decreto 2256 De 1991 Art. 138

Fuente: estrategias para un sistema nacional de áreas naturales protegidas [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio del medio ambiente, 2012. [Consultado 16 de abril de 2012]. Disponible en Internet:

[www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc](http://www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc)

#### 4.3.4 Distribución de las áreas naturales de las áreas a nivel regional.

**Cuadro 2. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel Regional**

DECLARA O RESERVA			ADMINISTRA	
CATEGORIA	ORGANISMO	NORMA	ORGANISMO	NORMA
Parque Natural Regional	Corporaciones	Ley 99 de 1993	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16
Distrito de Manejo Integrado	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16
Distrito de conservación de Suelos	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16
Áreas de Reserva Forestal (Protectora, Protectora y Productora)	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31. Numeral 16
Coto de Caza	Corporaciones	Ley 99 de 1993 Art. 31 Numeral 30	Propietario	Decreto 1608/78 Art. 163

Fuente: estrategias para un sistema nacional de áreas naturales protegidas [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio del medio ambiente, 2012. [Consultado 16 de abril de 2012]. Disponible en Internet:

[www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc](http://www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc)

#### 4.3.5. Distribución de las áreas naturales de las áreas a nivel municipal

**Cuadro 3. Normatividad asociada a la distribución de las áreas naturales a nivel Municipal**

DECLARA O RESERVA			ADMINISTRA	
CATEGORIA	ORGANISMO	NORMA	ORGANISMO	NORMA
Reserva natural de la sociedad civil	Propietario particular	ley 99 de 1993 art. 110	Propietario	ley 99 de 1993 art. 109

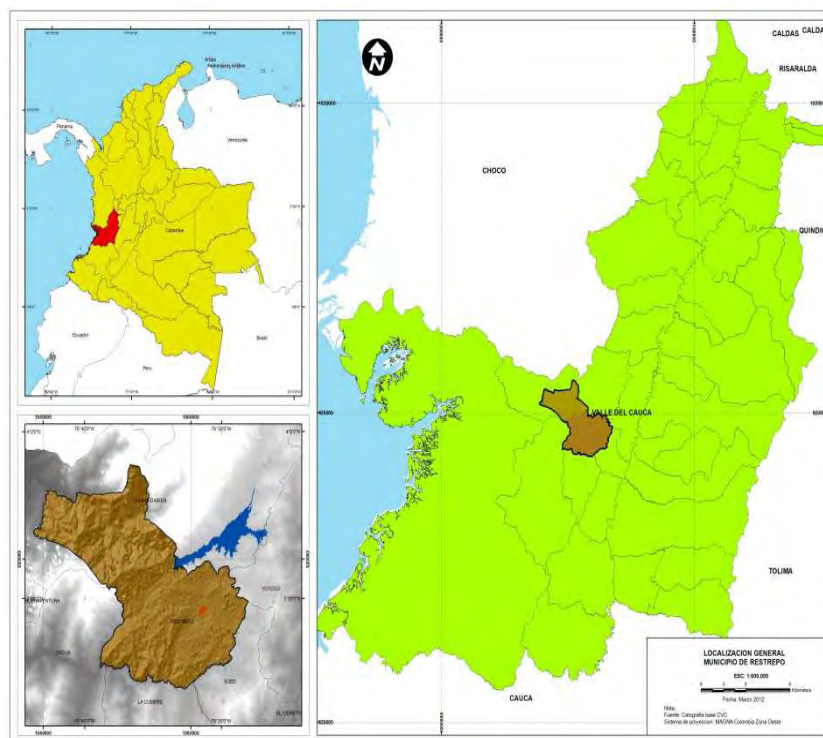
Fuente: estrategias para un sistema nacional de áreas naturales protegidas [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio del medio ambiente, 2012. [Consultado 16 de abril de 2012]. Disponible en Internet:

[www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc](http://www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/.../Areas%20Protegidas.doc)

## 5. ZONA DE ESTUDIO

### 5.1. EL MUNICIPIO DE RESTREPO

**Figura 3. Mapa municipio de Restrepo**



Fuente: Aprestamiento corregido del municipio Restrepo oficinas BIOMA. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

El municipio de Restrepo está localizado al occidente del Departamento del Valle del Cauca, sus coordenadas son las siguientes: Latitud Norte 3° 49' 30 " y Longitud Occidental 76° 31' 30 por el norte limita con el municipio de Calima Darién, donde actualmente se tiene en conflicto el corregimiento de Rio Bravo, pues se lo disputan los municipios de Restrepo y Calima Darién; por el sur limita con los municipios de La Cumbre y Vijes; por el oriente limita con Vijes y Yotoco; y por el Occidente con los municipios de Dagua y La Cumbre. El área objeto de sustracción de la zona de reserva forestal corresponde a 100.000 ha localizadas sobre la cordillera occidental, en jurisdicción de los municipios de La Cumbre y Restrepo.

## 5.2 AREA PROTEGIDA

Las Áreas Protegidas poseen valores excepcionales para el patrimonio nacional, debido a sus características naturales, culturales o históricas en el caso del municipio de Restrepo generalmente se encuentran amparadas por una legislación especial.

La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la vertiente oriental de la cordillera occidental de los andes. En los accidentes geográficos se destacan la cuchilla Calima y los cerros Chancos, situados en los límites con el municipio de Calima Darién.

Las tierras del municipio de Restrepo se distribuyen en los siguientes pisos térmicos: cálido 15 Kilómetros cuadrados, medio 10.2 kilómetros cuadrados y frío 13 kilómetros cuadrados, regadas por el río grande y numerosos corrientes menores.

El municipio está ubicado en la parte oriental de la Cordillera Occidental a 90 Kilómetros de Santiago de Cali.

Sus principales fuentes hidrográficas son: "Río Aguamona", "Río Zabaletas", "Quebrada Santa Rosa" e "Quebrada Llana" y otros pequeños riachuelos cuyas aguas corren hacia el Pacífico.

Su relieve está conformado por montañas de poca elevación y por pequeños valles intermedios.

Restrepo hace parte de La Reserva Forestal del Pacífico, de acuerdo a la Ley 2ª de 1959. Se encuentra a una altura promedio de 1.400 metros sobre el nivel del mar, con alturas intermedias que varían entre los 800 m.s.n.m. en el límite con el municipio de la Cumbre hasta los 2.400 m.s.n.m. en el corregimiento de Río Bravo, es por esto que se presentan 3 pisos térmicos: cálido, medio y frío.

### 5.3. ECONOMÍA

La economía de Restrepo históricamente ha girado alrededor del sector agropecuario, basada en cultivos de café, plátano, yuca, maíz y caña panelera. En la actualidad, debido al cambio de uso del suelo y al desarrollo del turismo y otras actividades económicas como el comercio y servicios, estos han disminuido el peso del sector agropecuario en la región, convirtiéndose en las dos actividades generadoras de la mayor parte de las fuentes de ingreso de la población del municipio.

El segundo sector de la economía es el agropecuario, sobresaliendo la ganadería extensiva e intensiva; los cultivos de café y plátano, son otras actividades menos importantes, pero a las cuales se dedica un destacado sector de la población rural. Además existen los cultivos de maíz, yuca y frijol, constituyéndose en la base de alimentación de los campesinos de la región.

Algunos moradores se ocupan de la explotación de pesca de especies como la tilapia, la sabaleta y el bocachico. En algunas fincas se dedican al cultivo de peces en estanques, tales como carpas, tucanares, tilapia roja y plateada. Otra actividad es la explotación de madera en aserríos, donde se producen listones, tablas, vigas y cuartones.

**Figura 4. Suelos con erosión muy severa**





**Figura 5. Evidencia de ganadería en el sector**



**Figura 6. Foto panorámica de la región**





## 6. METODOLOGÍA

La metodología aplicada la Matriz de Análisis Multicriterio, a través de la cual se identificaron y calificaron variables que permitieron determinar áreas de alta significancia ambiental cuyo propósito es el de conservación; estas áreas no son susceptibles de solicitud de sustracción ante el Ministerio del Medio Ambiente.

### 6.1. METODOLOGÍA APLICADA DE VARIABLES

**6.1.1 Presencia de bosques naturales.** Considerando que estos son la principal fuente de conservación de agua, suelo y biodiversidad, constituyen el mayor logro de la revolución ecológica y son auto perpetuadores de los ecosistemas; no obstante esta importante consideración ambiental debido a la acción antrópica y la falta de gobernabilidad por parte de la autoridad ambiental regional, se ha venido disminuyendo significativamente la cobertura boscosa, importante recurso albergue de la fauna y flora asociada protectora de suelos y aguas.

**6.1.2 zonas de erosión severa y muy severa.** Se presentan en suelos lateríticos, producto de la intemperización de las rocas volcánicas, las cuales han generado zonas muy susceptibles a estos tipos de erosión; en el sureste del Municipio de Restrepo con un 15,85%.

Esta erosión ha generado áreas degradadas con fuertes limitaciones para desarrollos productivos; en estas áreas se deberán emprender actividades complementarias de conservación y recuperación de suelos. La causa principal de este fenómeno es la práctica inveterada de la ganadería extensiva.

**6.1.3. Pendientes mayores del 50%.** Corresponden a zonas clasificadas como de alta susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa (IGAC, 1993), presentan un relieve abrupto, con limitaciones para procesos productivos, cuya vocación principal es de protección.

**6.1.4. Ecosistemas estratégicos.** Son las áreas con valor para la conservación, de alta significancia ambiental, oferta de bienes y servicios (Reserva Forestal Regional o ecosistemas de escasa representación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas).

**6.1.5. Marco Legal.** Se tuvieron en cuenta las áreas declaradas como Reservas Forestales por la autoridad ambiental Departamental CVC (corporación autónoma), como la Reserva Forestal Regional de Bitaco.

“Los Niasa Embera Chamí”, ubicado en el Municipio de Restrepo, declarado por medio de la Resolución 0017 del 24 de mayo de 1996, proferida por el INCORA, en concordancia con el Art. 63 de la CN, Ley 89 de 1890 y la Ley 21 de 1991.

Polígonos que dentro de los municipios ya tengan resolución de sustracción por parte del ministerio del medio ambiente como es el caso de la parcelación Bosque de Calima en el municipio de Restrepo que cuenta con la resolución No. \_\_\_\_ - de 2011.

**6.1.6. Recurso Hídrico.** Corresponde a las subcuencas y microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio de Restrepo.

**6.1.7. Amenazas y riegos naturales.** Son aquellas áreas que presentan fenómenos de remoción en masa para el municipio de Restrepo se presentan 3 polígonos uno sobre la quebrada Agua Mona, un segundo polígono sobre la quebrada Llama y un tercer polígono sobre la quebrada Sabaletas.

**6.1.8 Suelos de protección.** La Ley 388 de 1997 en su artículo 35 Establece “Expansión urbana, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”<sup>10</sup>. Se aclara que está incluida en todas las variables”.

**6.1.9 Reservas** para proyectos de utilidad pública e interés social. Estas zonas enmarcadas en los proyectos que se están construyendo y aquellos que tienen proyectados el departamento del Valle del Cauca, que indirectamente hacen parte de la zona de objeto de estudio los cuales no son objeto de

---

<sup>10</sup>COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388 de 1997, (Julio 18) Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones.[en línea]. Bogotá D.C.: Congreso de la República, 1997.[Consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1997/ley\\_0388\\_1997.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1997/ley_0388_1997.html)

sustracción. La Vía que conduce a Mulalo- Loboguerrero, Doble calzada Buga- Loboguerrero, construcción a cargo de Invías (Vías de orden Nacional) y la línea de alta tensión de energía entre el embalse de Calima y el Estero El Pailon en el municipio de Buenaventura, obra que está realizando la empresa EPSA.

**6.1.10. Zonas de amortiguación de parques naturales y regionales.** Esta variable no aplica para el proyecto, debido a que a nivel nacional, y municipal no hay una claridad con las zonas de amortiguación de parques naturales regionales.

## 6.2 ESCALA DE CALIFICACIÓN AL TERRITORIO

**6.2.1 Escala de calificación.** Teniendo en cuenta las variables previamente identificadas por el grupo consultor, se estableció una escala de clasificación asignando valores de cero (0) para las áreas que no son susceptibles de sustracción y uno (1) para aquellas que sí lo son.

**Cuadro 4. Escala de calificación al territorio**

No.	VARIABLES	ESCALA DE CALIFICACION DE AREAS	
		0: Áreas no susceptibles de solicitud de sustracción	1: Áreas Susceptibles de sustracción
1	USO ACTUAL	Bosque Natural	Otros Usos
2	PENDIENTE	Mayores a 50%	Menores a 50%
3	EROSIÓN	Severa y Muy Severa	Sin Erosión, Ligera y Moderada
4	ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	Bosque Muy Seco Tropical (Enclave Subxerofítico).	Resto del área del municipal
5	LEGAL	Reservas Forestales Declaradas, Resguardos Indígenas, Predios Art. 111 Ley 99-1993	Sin categoría de protección, polígonos con resolución de sustracción.
6	RECURSO HIDRICO	Subcuencas y micro cuencas abastecedoras de los acueductos municipales.	Resto del Área Municipal
7	AMENAZAS Y RIEGOS NATURALES	Áreas que presentan fenómenos de remoción en masa.	Resto del Área Municipal
8	RESERVAS PARA PROYECTOS DE UTILIDAD PUBLICA E INTERES SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Línea de alta tensión de embalse Calima – Estero el Pailon Mpio de Buenaventura</li> <li>✓ Doble calzada Buga- Loboguerrero. (60m de borde a borde Vía Nacional).</li> <li>✓ Vía Mulalo- Loboguerrero</li> </ul>	Resto del Área Municipal

Mediante la aplicación de la herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica) se calificó ocho (8) variables propuestas. Posteriormente se especializaron cartográficamente obteniendo como resultado ocho (8) mapas temáticos así:

- Mapa de Bosques natural (Uso Actual)
- Mapa de pendientes,
- Mapa de erosión,
- Mapa de ecosistemas estratégicos
- Mapa de aspectos legales con sus respectivas áreas.
- Mapa de cuencas abastecedoras de agua
- Mapa de Zonas amenazas y riesgos.

## 7. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo de las actividades enumeradas en el capítulo anterior se procederá a describir más detalladamente cada una de ellas haciendo énfasis en las etapas que mayor atención capturaron durante el proceso.

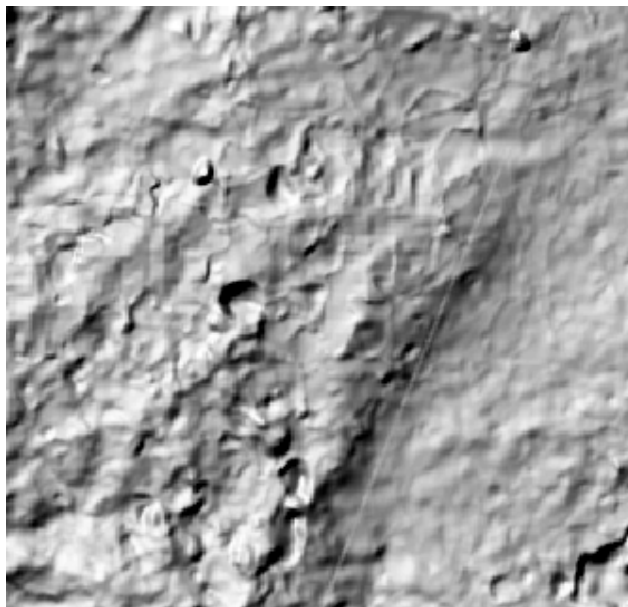
### 7.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA EXISTENTE

En esta fase se reúne la información existente y se clasifica de acuerdo a las necesidades del proyecto, teniendo en cuenta la temporalidad, tipo de datos, calidad de la información, fuente de la información, entre otras. De acuerdo al origen de la información, se clasificaron en información primaria y secundaria.

**7.1.1 Información Básica cartográfica.** La información adquirida al instituto geográfico Agustín Codazzi fue:

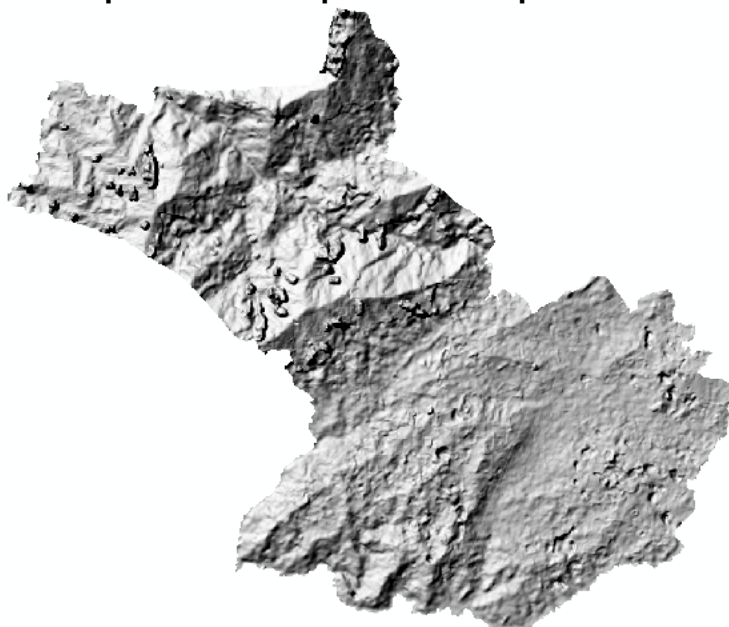
- Ortofotomapas 279-II-B-1, 279-II-B-2, 279-II-B-3, 279-II-B-4, 279-II-D-1, 279-II-D-2, 280-I-C-1, 280-I-A-1, 280-I-A3. , a escala 1:10.000 (Ver figura 4 y 5)
- Cartografía análoga a escala 1:10.000 planchas 279-II-B-1, 279-II-B-2, 279-II-B-3, 279-II-B-4, 279-II-D-1, 279-II-D-2, 280-I-C-1, 280-I-A-1, 280-I-A3. (Ver figura 6 y 7)

**Figura 7. Ortofotomapas de la zona de reserva forestal del municipio de Restrepo de año 2005**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 8. Ortofotomapas del municipio de Restrepo de año 2005**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 9. Mapa Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - plancha 279-II-B-1, año 1988**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 10. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-2, año 1988**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 11. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-3, año 1988**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador



**Figura 12. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-B-4, año 1988**



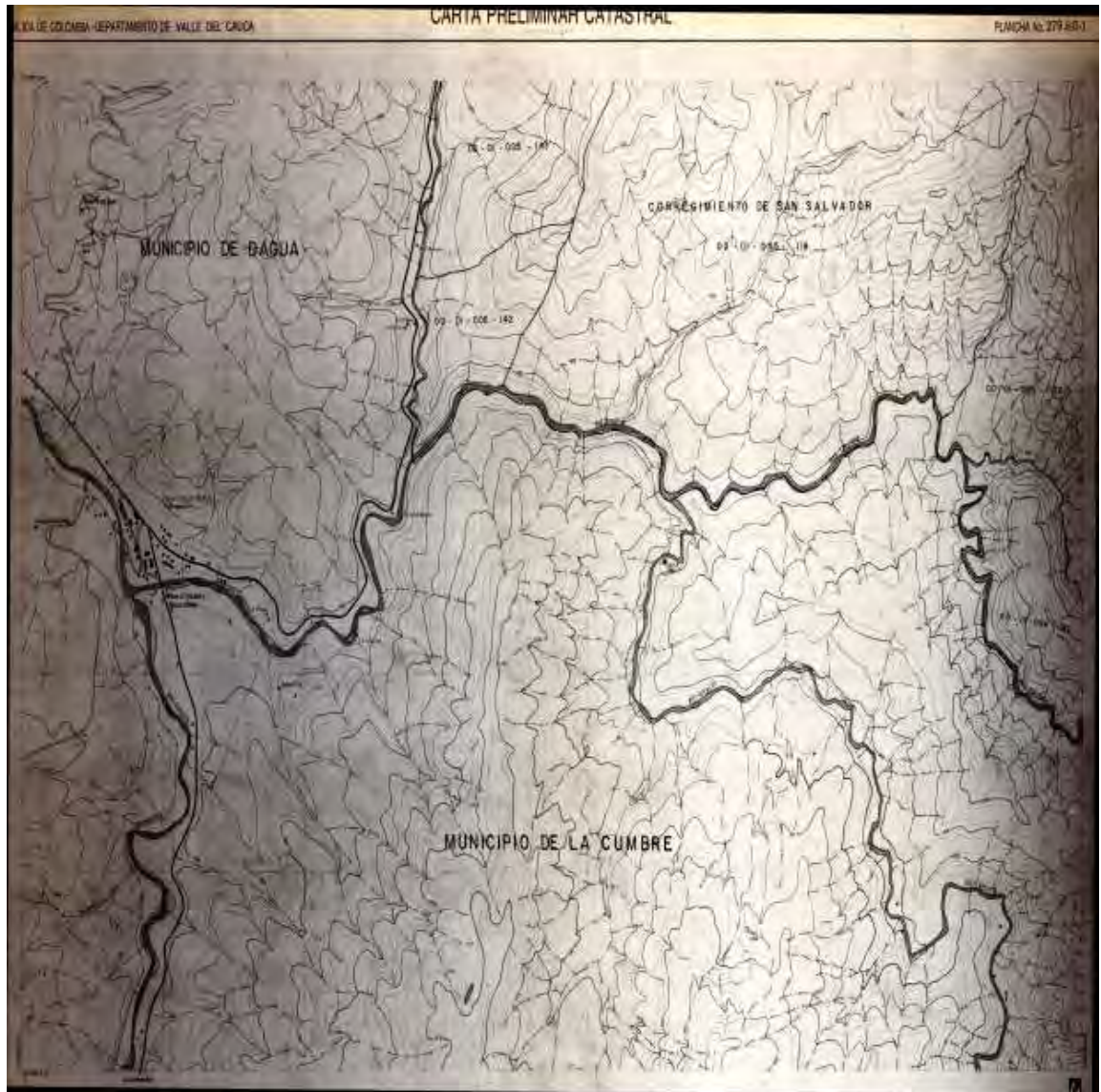
**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 43. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-D-1, año 1988**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 14. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 279-II-D-2, año 1993**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador



**Figura 65. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-C-1, año 1989**



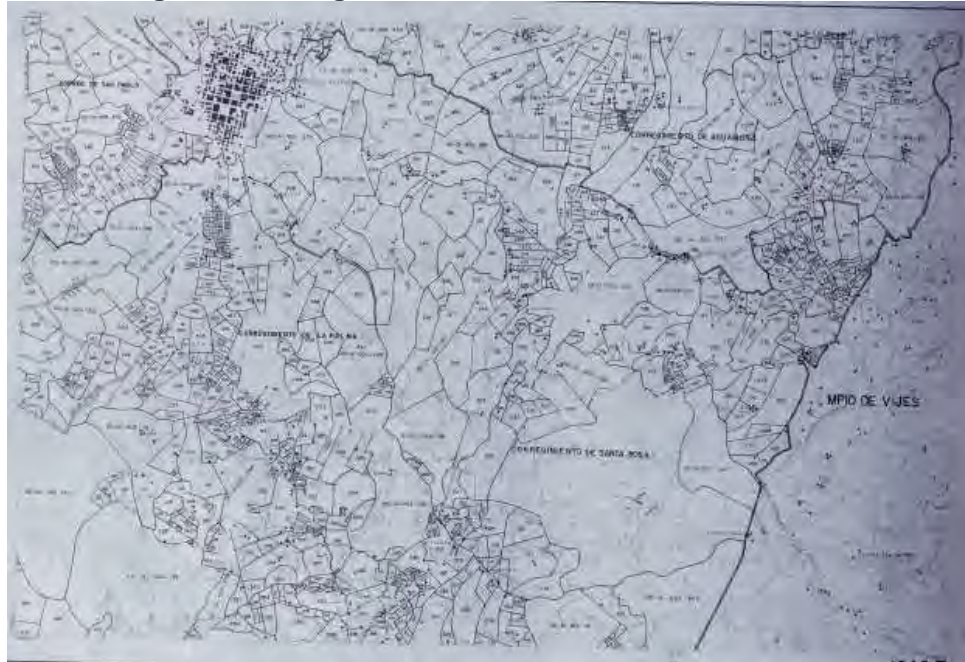
**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 76. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-A-1, año 1993**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

**Figura 87. Cartografía Análoga Escala 1:10.000 - Plancha 280-I-A-3, año 1993**



**Fuente:** Ortofotomapas del municipio de Restrepo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

Otra información fue:

Información secundaria del equipo de la fundación BIOMA.

Datos georreferenciados de los linderos mediante la utilización de GPS para la reserva forestal de Restrepo.

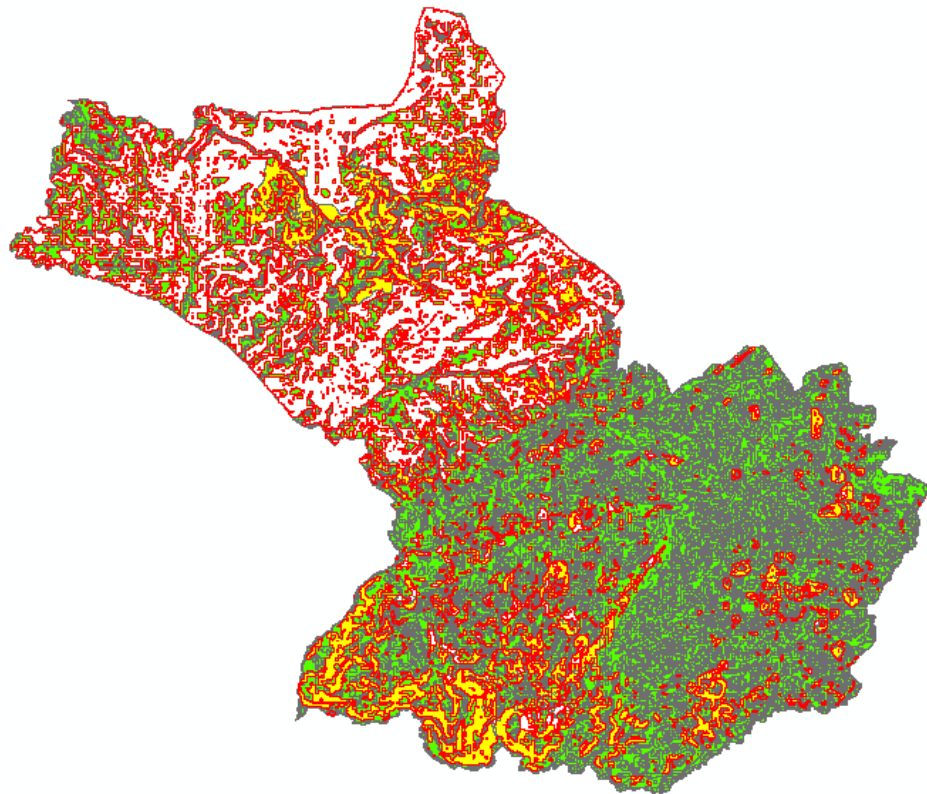
**7.1.2 Multicriterio imágenes satelitales.** Se trata de métodos para resaltar o suprimir, de forma selectiva, información contenida en una imagen a diferentes escalas espaciales, para destacar algunos elementos de la imagen, o también para ocultar valores anómalos.

Es un método usado tanto para la cualificación como para la cartografía y se basa en la asignación de índices que van de 0 (mínima vulnerabilidad) a 1 (máxima vulnerabilidad), de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables.

Además de la valoración de 0 a 1 que se da a cada parámetro se pondera su influencia dentro de la evaluación de la vulnerabilidad mediante la asignación de unos pesos de 0 a 1, que variarán según las variables. Ambos índices se multiplican y se suman resultados para obtener una valoración final.

En el sistema de información geográfico fue necesario, en primer lugar generar cada uno de los mapas que representaría cada factor en la matriz final, posteriormente realizar la Reclasificación de estos valores según la tabla correspondiente, para así, finalmente ingresar todos los factores.

**Figura 98. Multiplicación de variables**



A partir de esto se genera lo que para nosotros es excluyente, lo importante es definir que es 1 y 0.

- 1 es sustraer
- 0 no sustraer

Ejemplo de Funcionamiento:

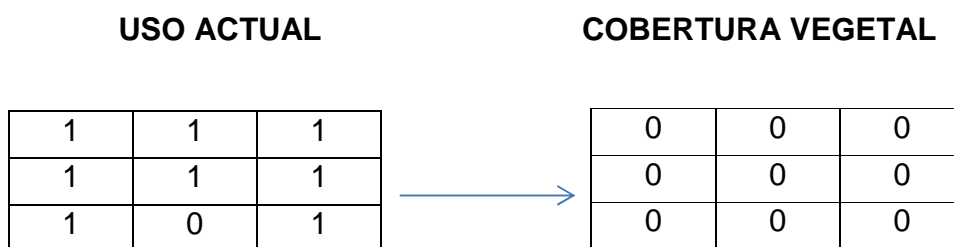
Tenemos el mapa del municipio de Restrepo y tengo la cobertura del USO ACTUAL, y COBERTURA VEGETAL de todos los polígonos que tenga de ese municipio debo darle relevancia a los polígonos más importantes de los shapes ejemplo:

- bosque natural
- bosque plantado
- cultivos
- zona urbana

Desde el punto de vista ambiental me interesa conservar la cobertura Bosque natural denso de tierra firme porque es la zona que no ha sido intervenida por el hombre, lo demás no me es tan interesante porque son zonas donde el hombre ya ha tenido intervenciones y no me interesa conservarlo entonces todos los polígonos de bosque que tengo en el mapa del municipio le coloco cero (0), y a todo el resto uno (1).

A partir de los mapas que genere del primer mapa como esta todo en pixeles están en la misma fila y en la misma columna si todo es uno (1) el resultado va ser igual a uno (1) pero si en alguno de los 7 u 8 mapas hay un cero (0) me lo pasa a cero (0) o sea que cuando el resultado sea cero (0) significa que lo quiero conservar ósea NO EXTRAER y lo que sea uno (1) EXTRAER.

**Figura 19. Ejemplo funcionamiento de las matrices para la metodología multicriterio**





Esta metodología de funcionamiento es igual para todos los casos como se muestran en las siguientes graficas:

**Figura 20. Ejemplo de erosión y ecosistemas estratégicos**



**Figura 21. Ejemplo de uso actual y pendientes**

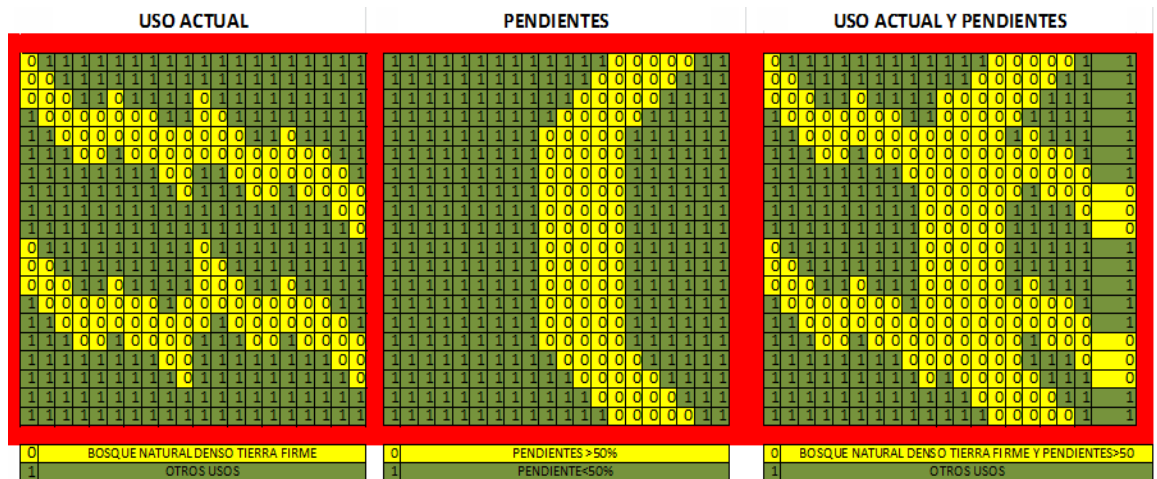



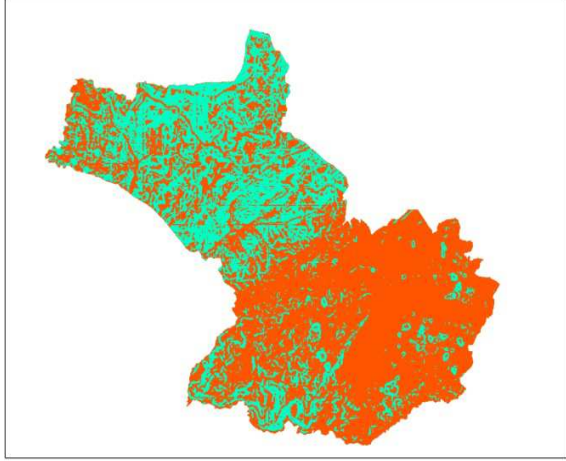










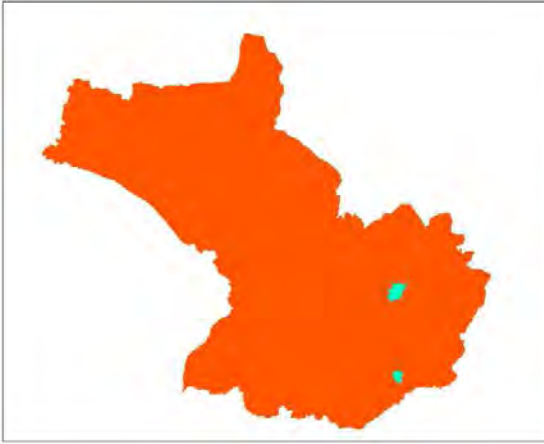
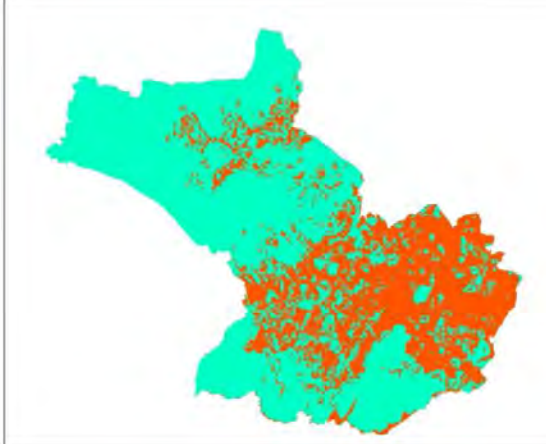




Figura 22. .Uso Actual				Figura 23. Pendiente			
							
0. Bosque Natural Denso de Tierra firme		13.84,37 Ha	42,6%	0. Pendiente > 50%		11.406,39 Ha	34,74 %
1. Otros Usos		18.956,04 Ha	57,74 %	1. Pendiente < 50%		21.424,02 Ha	65,26 %
Figura 24. Erosión				Figura 25. Ecosistemas Estratégicos			
							
0. Erosión Severa y Muy Severa		5.298,45 Ha	16,14 %	0. Bosque muy seco tropical (subxerofítico)		426,39 Ha	1,30 %
1. Sin Erosión, Ligera y Moderada		27.531,96 Ha	83,86 %	1.Otros		32.404,02 Ha	98,70 %



Figura 106. Legal				Figura 27. Resultado Modelo análisis multicriterio			
							
0. Reserva Forestales Declaradas y Resguardos Indígenas		127,14 Ha	0,39%	0. Zonas Susceptibles a Sustracción		21.744,78 Ha	66,23 %
1. Sin categoría de protección		32.703,27 Ha	99,61 %	1. Zonas Susceptibles a Sustracción		11.085,63 Ha	33,77 %

## 7.2 AJUSTE SELECTIVO DE ZONAS SUSCEPTIBLES Y NO A LA SUSTRACCION

Con el equipo de profesionales se definieron 3 categorías teniendo en cuenta los resultados del modelo así como el conocimiento de la zona de estudio.

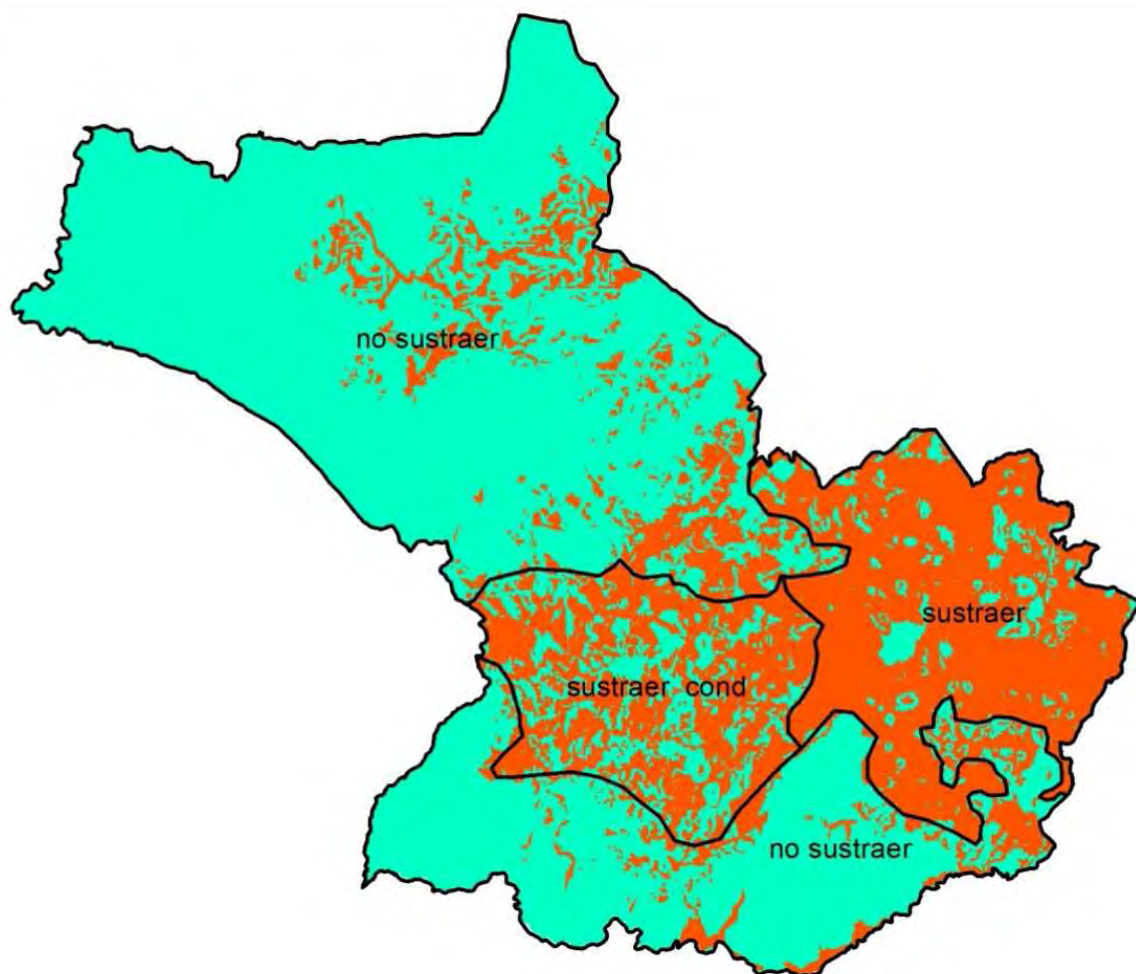
Las tres categorías son:

- Sustracción sin restricciones
- Sustracción con restricción
- Zona no susceptible a sustraer

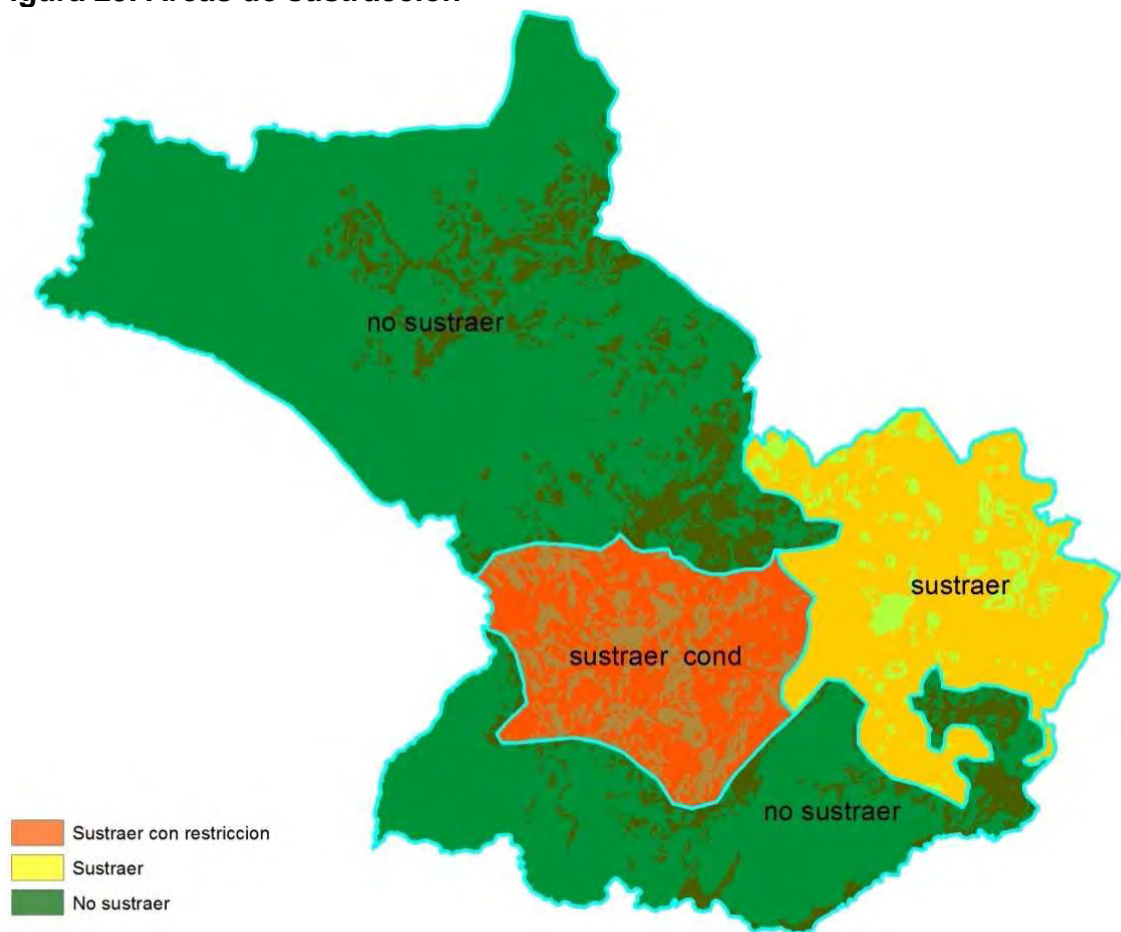
En la siguiente figura se muestra en límite de las áreas en color negro y el resultado final de la teoría excluyente.

Ya que este proceso aplica para cada uno de las salidas graficas.

**Figura 28. Teoría excluyente.**



**Figura 29. Áreas de sustracción**



**Cuadro 5. Resultados por categoría y área**

Categoría	Área Ha	%
Sustraer	5.798,5	17,66
Sustraer con restricciones	4.341,3	13,22
No sustraer	22.690,6	69,11
<b>Totales</b>	<b>32.830,4</b>	<b>100,00</b>

### 7.3. SALIDA DE DATOS

La exactitud e integridad de los proyectos que se deriven de este trabajo y la inversión que se realice en la localidad relacionada con este tema dependen en gran medida de la calidad de los mapas básicos y temáticos. Además del proceso continuo de control y mejoramiento de la calidad. Antes de hacer entrega de las salidas gráficas se realizó una revisión completa de todos los productos cartográficos.

Aunque la producción de mapas es conceptualmente sencilla, siempre que la calidad de la base de datos digital sea satisfactoria, el trabajo largo y de gran minucia para un proceso cartográfico bien estructurado, está en varios factores como; la verificación de la coincidencia entre los datos y los atributos, elaboración y puesta en práctica de procedimientos para mantener la base de datos actualizada, resolución de problemas y cambios finales por información que se dé en los procesos de actualización, empalmes de información con la existente en otras entidades, verificación de la integridad y exactitud lógica y posicional entre otras.

**7.3.1 Información Cartográfica Final.** Las siguientes son las salidas gráficas definitivas que se obtuvieron en el proceso de mejoramiento, actualización y producción de cartografía con los niveles hídricos actualizados de acuerdo al objetivo del proyecto. Se presenta una imagen de cada una de las salidas gráficas y posteriormente en los anexos se encuentra una impresión tamaño doble carta de cada una de ellas. Para cada una de las salidas gráficas se utilizó la información consignada en los shape.

Figura 30. Mapa de bosque natural (uso actual)

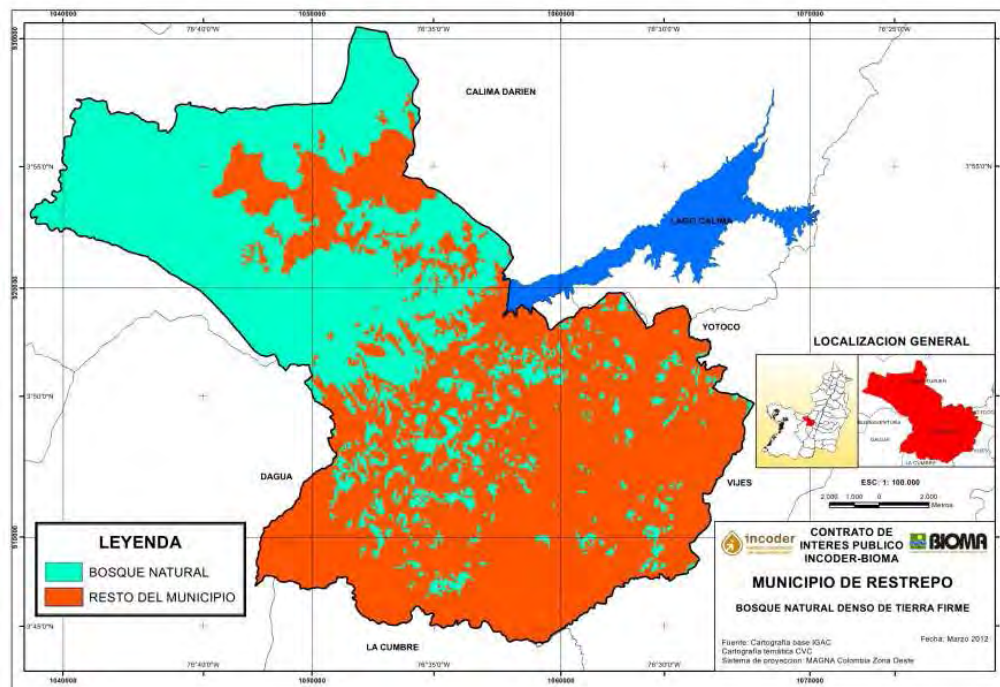


Figura 31. Mapa de pendientes

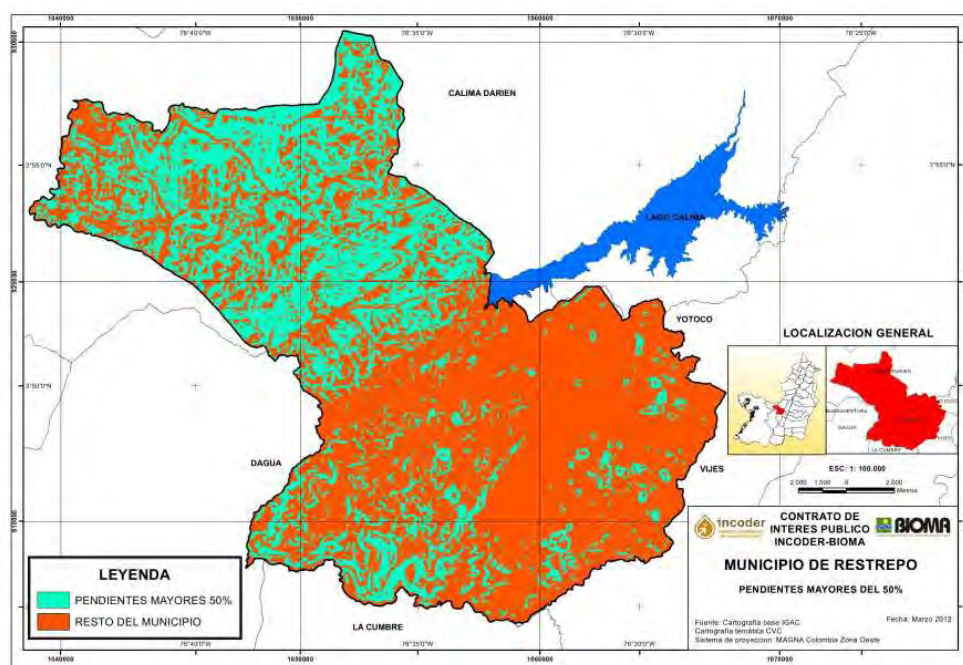




Figura 32. Mapa de erosión

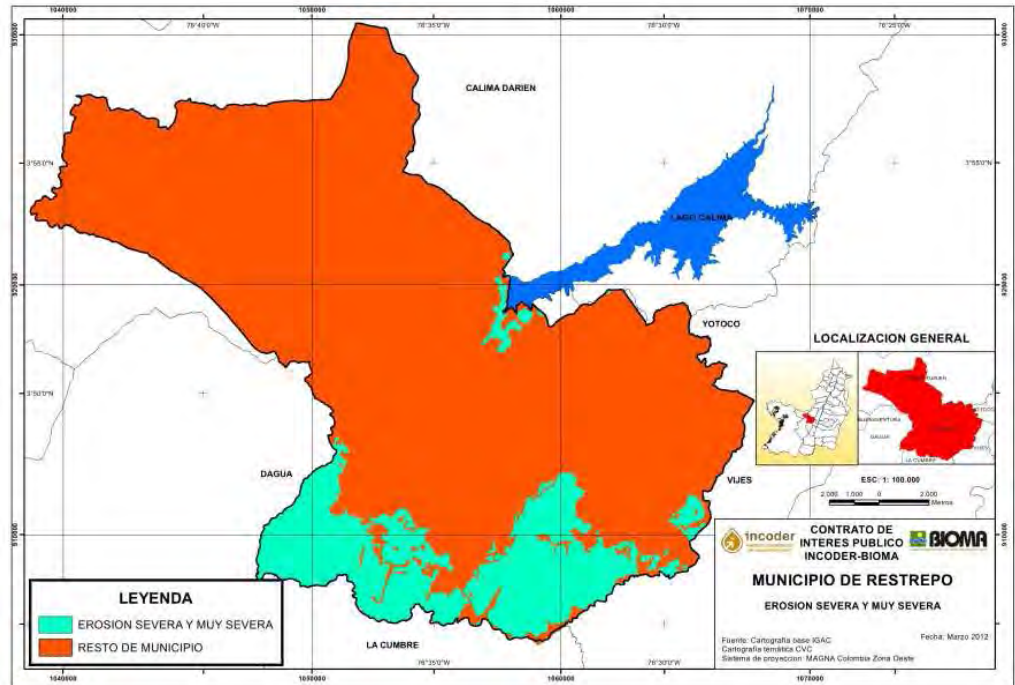
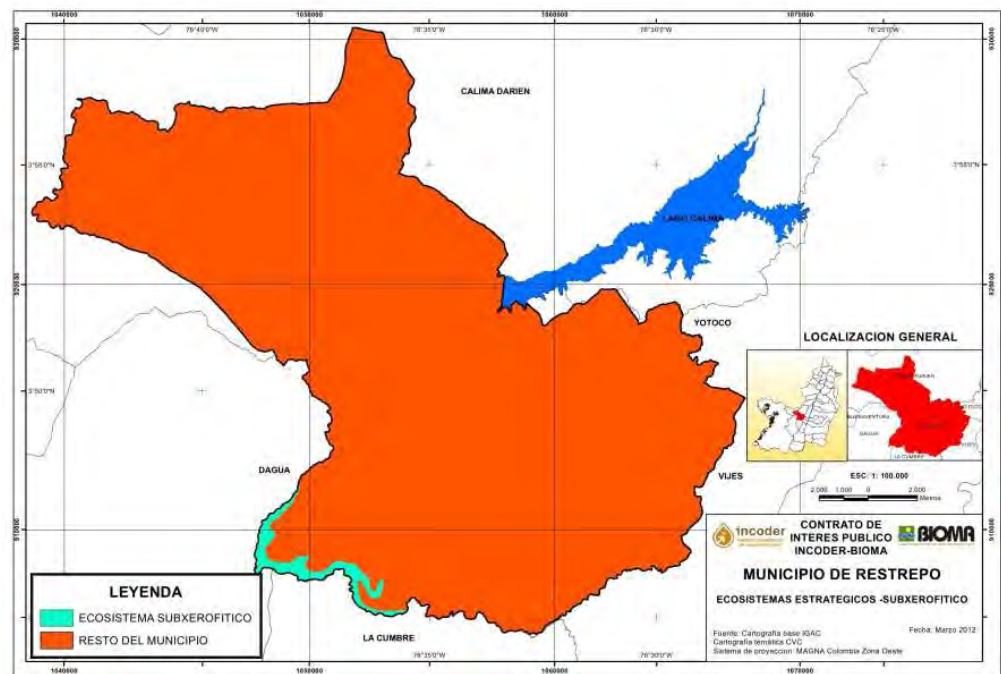
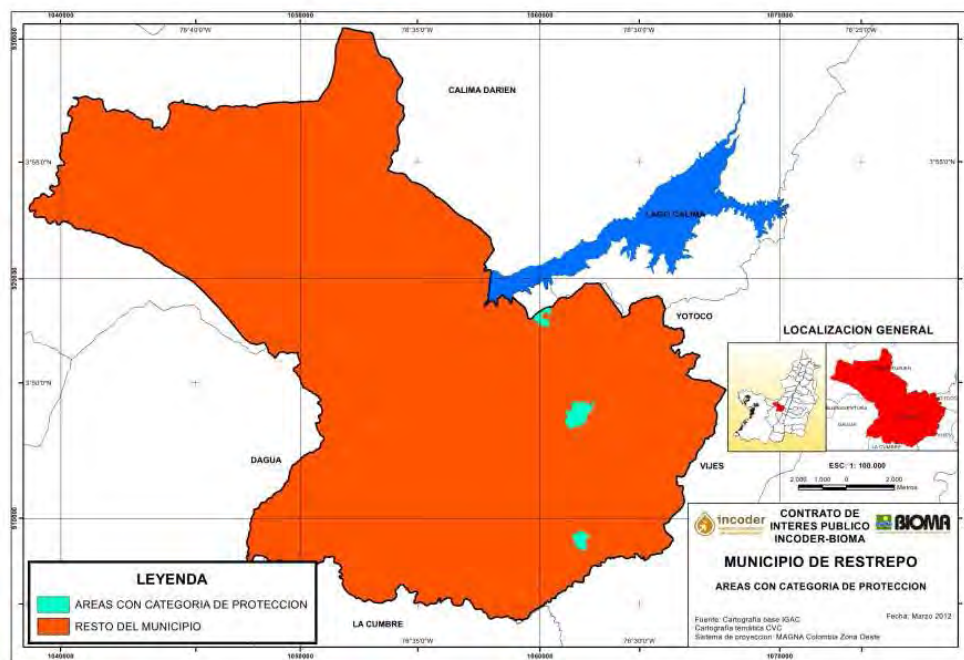


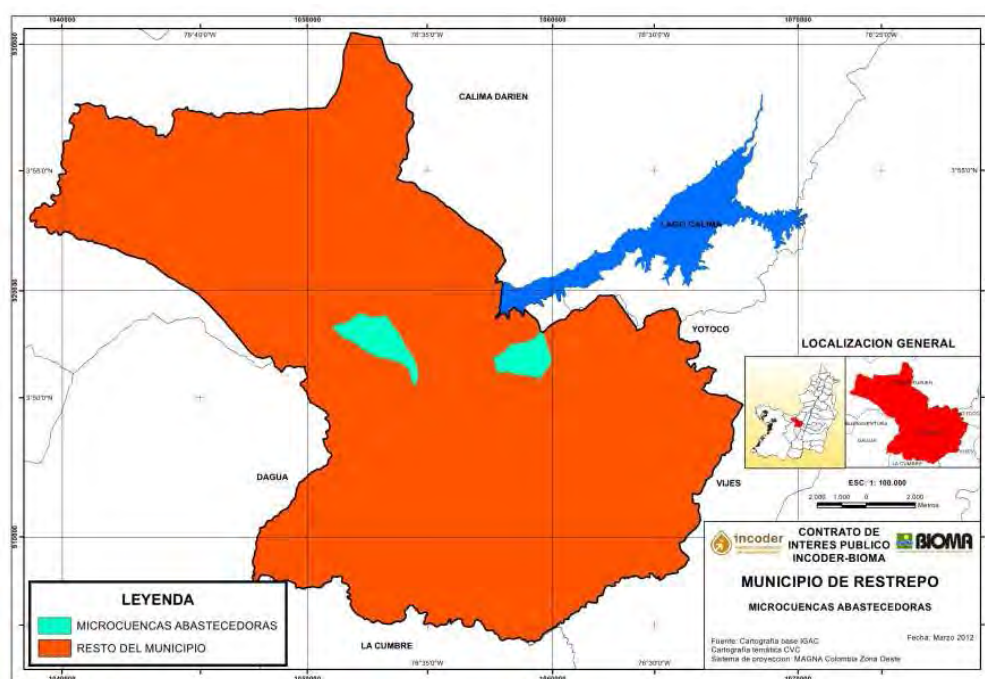
Figura 33. Mapa de ecosistemas estratégicos



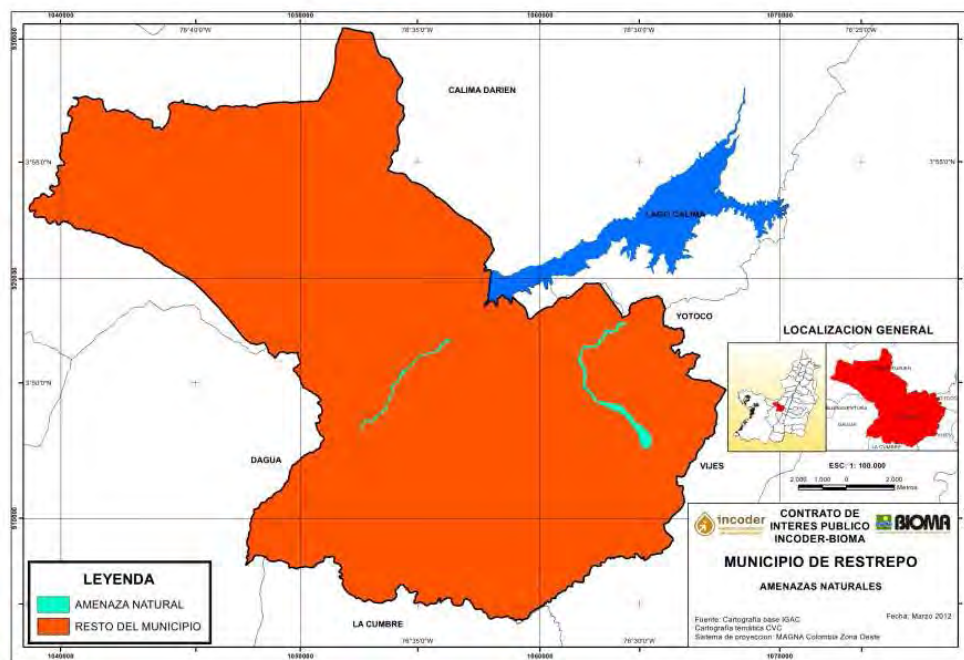
**Figura 34. Mapa de aspectos legales con sus respectivas áreas**



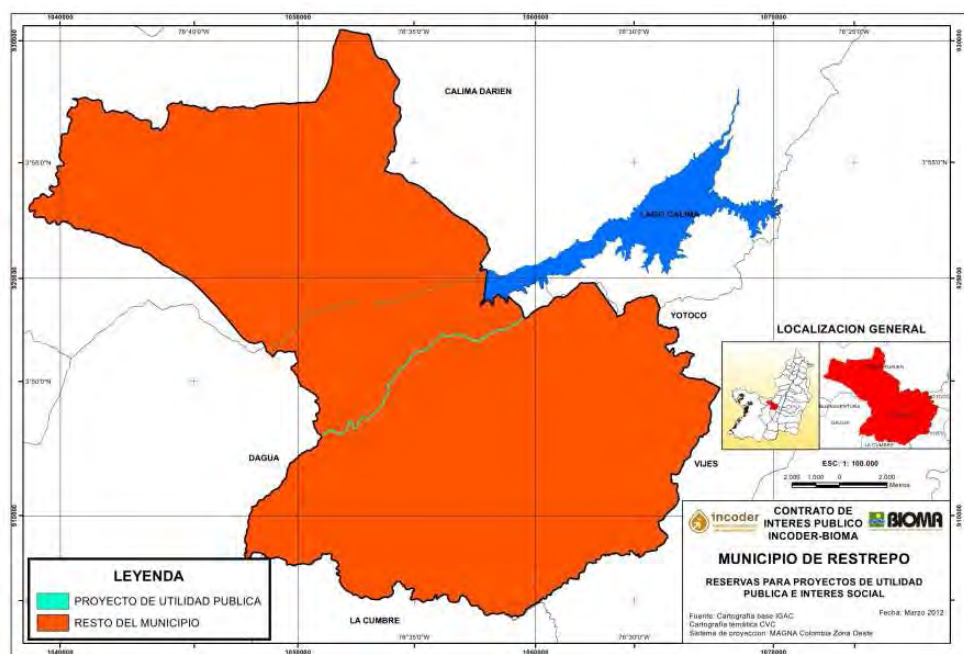
**Figura 35. Mapa de cuencas abastecedoras de agua**



**Figura 36. Mapa de amenazas naturales**



**Figura 37. Mapa de utilidad pública**





## 8. CONCLUSIONES

- La información digital se encuentra estructurada en varios shapefile con sistema de referencia Magna Sirgas de acuerdo a los parámetros adoptados para la cartografía de Colombia.
- Se asignó y consolidó la información dándole valores para las áreas que no son susceptibles de sustracción y para aquellas que sí lo son.
- Se evaluó la distribución territorial y división política administrativa de las áreas susceptibles de sustracción del municipio de Restrepo.
- Se analizaron el estado de los recursos naturales identificados por medio de los mapas temáticos de las áreas degradadas como consecuencia del uso inadecuado que se presenta actualmente en el municipio de Restrepo.
- Se optimizó el proceso, además de que con el uso integrado con los SIG es posible manejar una gran cantidad de información geográfica.
- Las zonas de susceptible sustracción cuentan con un área total de 5.344,6 ha que corresponden al 16,28% del territorio, están conformadas por parte de los Corregimientos Aguamona, Santa Rosa, La Palma y San Pablo.
- El polígono **susceptible de sustracción** del municipio de Restrepo se localiza al nor-orienté del municipio en la microcuenca del río Aguamona. El polígono **susceptibles de sustracción con medidas de Conservación** se localizan en el centro occidente del municipio entre las cuencas de los ríos Grande y Zabaletas entre los corregimientos de Zabaletas, San Pablo y San Salvador.
- Los polígonos **no susceptibles a sustracción** son dos (2), el primero localizado al nor-Occidente del municipio entre los corregimientos de río Bravo y Zabaletas en la cuenca del río Calima, el segundo polígono se localiza al sur del municipio de Restrepo en límites con el municipio de La Cumbre y Dagua entre los corregimientos de San Salvador, San Pablo La Palma y una pequeña zona del corregimiento de Santa Rosa

- Para este proyecto la evaluación multicriterio junto con los SIG fue esencial ya que esto nos permitió, producir mapas temáticos mejorando sensiblemente los resultados produciendo zonas para la localización de los usos del suelo del municipio.

## **9. RECOMENDACIONES**

- La metodología de EMC proporciona suficiente confiabilidad para la toma de decisiones y como apoyo al Ordenamiento Territorial.
- Incorporar la metodología de las Técnicas EMC en evaluaciones, procesos de planificación territorial y manejo de recursos naturales. Es importante que quienes estén encargados de tomar decisiones territoriales conozcan y tomen conciencia de la integración de los SIG y las técnicas EMC como una base técnica de gran valor para estudios de planificación y gestión territorial.
- El desarrollo de un SIG para el sector agropecuario resulta relevante ya que actúa como marco receptor y administrador de la información generada dentro del área de estudio. Estos sistemas permiten manejar bases de datos georreferenciadas que son actualizables en base a diferentes fuentes como las imágenes satelitales, censos y encuestas, información de levantamientos y muestreos de campo.
- Las áreas susceptibles de solicitud de sustracción con medidas de conservación contarán con medidas complementarias de suelos, en los proyectos productivos que se formulen a través del PMAS, con una categorización de acuerdo con los niveles de productividad generada por el cruce de estas variables.

## BIBLIOGRAFIA

ARCILA, Garrido Manuel, Sistemas de información geográfica y medio ambiente: Principios Básicos, 2003, 320p.

ARONOFF Stanley. Geographic Information System. Ottawa, Canadá: WDL Publications, 1989. 350p.

BARBA ROMERO, S.; POMEROL J.C. Decisiones Multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica. España: Universidad de Alcalá, 1996. 401p.

BARBA ROMERO, S. Evaluación Multicriterio de Proyectos de Ciencia y Tecnología. En: MARTÍNEZ, E. Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología. Nueva Sociedad, Caracas: CEPAL/UNESCO/UNU/CYTED, 1992. 318p.

BOSQUE SENDRA, Joaquín SIG y evaluación multicriterio [en línea]. Alcalá, España: Universidad de Alcalá, s.f. [Consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/SIG\\_Ordenacion-territorio.pdf](http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/SIG_Ordenacion-territorio.pdf)

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. condado de Oxfordshire, Inglaterra: Oxford University, 1989. 263 p.

CAMACHO, Milton y MELO, Hernando. IGAC-CIAF. Manual de Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos. 2004. 220 p.

Caracterización de las Reservas Forestales de Ley 2/59 [en línea]. Bogotá D.C.: Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional – Acción Social, 2009 [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet:

[http://www.restituciontierras.com/media/descargas/publicaciones/reservas\\_forestales.pdf](http://www.restituciontierras.com/media/descargas/publicaciones/reservas_forestales.pdf)

CENDRERO, A. Ordenación del medio físico y aplicación de técnicas de evaluación de impacto ambiental a proyectos turísticos. España: Universidad de Santander, 1980. 323 p.

CÉSPEDES, Claudia; MUÑOZ, Álvaro; ORELLANA, Cristian; PÉREZ, Claudio. Bases de Datos Espaciales. Chile: Universidad de Concepción, 2002. 168p.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. LEY 2 DE 1959 (Diciembre 16) Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables. [en línea]. Bogotá D.C.: Congreso de la República, 1959. [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://190.85.6.170/Sistematizacion\\_Normatividad/Bosque/Ley\\_2\\_de\\_1959.pdf](http://190.85.6.170/Sistematizacion_Normatividad/Bosque/Ley_2_de_1959.pdf)

COLOSON, G. y De Bruyn, C. "Models and Methods in Multiple Objective Decision Making, en Colson, G. y De Bruyn, C. (eds). Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making, London: Pergamon, 1989. 264p.

Conceptos básicos, definiciones y generalidades de los SIG Instituto Geográfico [en línea]. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2000 [consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/interfase/documentos/conceptos\\_basicos\\_sig.pdf](http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/interfase/documentos/conceptos_basicos_sig.pdf)

Conceptos Básicos de Sistemas de Información Geográfica Y Aplicaciones En Latinoamérica. Subdirección de Cartografía, Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, 1995. 226p.

GÓMEZ OREA, D. Ordenación territorial. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 2007. 766 p.

GÓMEZ, M. & J. BARREDO. 2005. Sistemas de información geográfica y evaluación Historia y Aportes de la Ingeniería Forestal en Colombia [en línea]. Bogotá D.C: Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales – ACIF, 2009 [consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.geogra.uah.es/~joaquin/curso-Honduras/Evaluacion-multicriterio.pdf>

Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Aplicable a Ciudades. Bogota D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, 1996. 189p.

Levantamiento General Integrado de Geomorfología, Suelos y Socioeconómica de la alta cuenca del rio Coello. Bogotá: CIAF, 1983. 428 p.

Ley 388 de 1997, (Julio 18) Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. [en línea]. Bogotá D.C.: Congreso de la República, 1997. [Consultado 15 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1997/ley\\_0388\\_1997.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1997/ley_0388_1997.html)

Ley 1450 de 2011 (Junio 16) Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014.. [en línea]. Bogotá D.C.: Secretaria del senado, 2011. [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2011/ley\\_1450\\_2011.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2011/ley_1450_2011.html)

Manual De Sistemas de Información Geográfica Y Cartografía Digital. Naciones Unidas. Nueva York: Departamento de asuntos económicos y sociales. División de estadística. ONU, 2002. 149 p.

MONTROYA, Antonio. Percepción Remota y Procesamiento Digital de Imágenes. Principios Básicos. Bogotá D.C. IGAC-CIAF 1996. 167p.

NIJKAMP y VAN DELFT, Multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid: Ed. RA-MA, 210p.

ORTEGA SEGURA, Diana Alejandra la minería y el ordenamiento territorial Estudio de caso. Área minera, empresa mineros s.a. [en línea]. Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Medellín: escuela de geociencias y medio ambiente, 2006 [Consultado 20 de Enero de 2012]. Disponible en Internet:

[http://www2.unalmed.edu.co/minas/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=1209&Itemid=57](http://www2.unalmed.edu.co/minas/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1209&Itemid=57)

Principios de Cartografía Temática. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC, 1998. 253 p.

RAMOS, A. Planificación física y ecológica: modelos y métodos. Madrid, España: Editorial Emesa, 216p.

ROMERO, C. Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Madrid: Alianza, 1993. 256p.

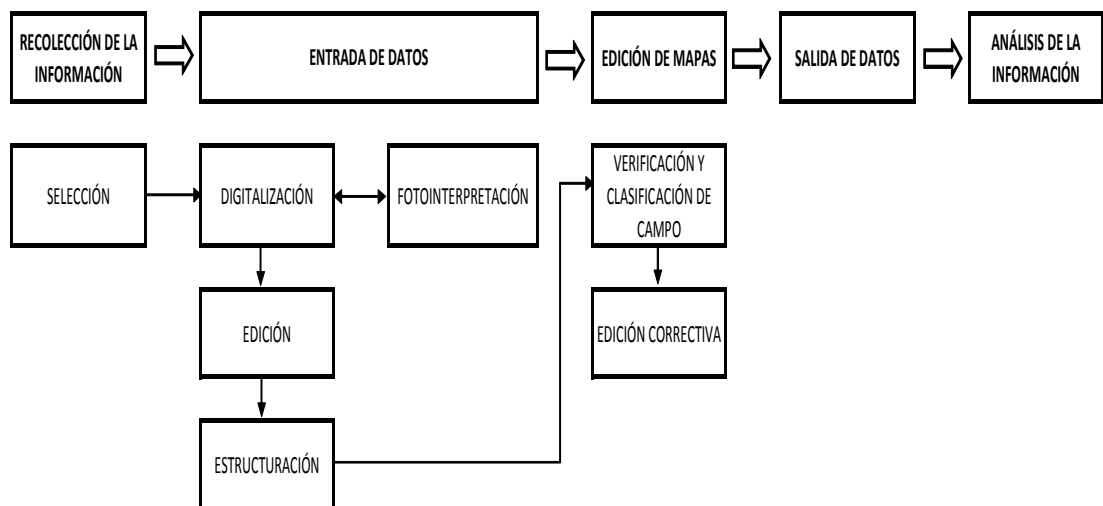
Uso de Mapas y Fotografías Aéreas. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, 1990 270p.

## ANEXOS

### Anexo A. Metodología del SIG

De acuerdo a la metodología planteada y una vez estructurada las fases que se trabajaran, se presenta el siguiente flujograma (figura 23).

**Figura 38. Fases del proyecto**



A continuación se relacionan los 5 pasos en los que se desarrolla el presente proyecto, los cuales pueden ser aplicables en cualquier trabajo que tenga como objeto la elaboración de cartografía y en el siguiente capítulo se tratarán más a fondo.

#### SELECCIÓN

Es el proceso de selección, recopilación e investigación de la información existente, para lo cual se visitó las entidades que generan oficialmente la cartografía, en este caso el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, para observar y comprar información como ortofotomapas, cartografía topográfica, catastral, fotografías aéreas y demás información que permitan tener un análisis del estado actual y multitemporal de la zona del proyecto.



## **ENTRADA DE DATOS**

### **Digitalización**

En esta etapa la información análoga es migrada a formato digital, este proceso se realiza utilizando las técnicas de digitalización sobre pantalla en una estación de trabajo. Dentro de los temas principales objeto de captura se encuentran las Curvas de Nivel, Construcciones, Sitios de Interés, y demás elementos culturales, Cobertura vegetal e Hidrografía

### **Edición**

Una vez digitalizado se adelanta el proceso de verificación y consistencia de la información en cuanto a nodos, dangles, sentido de las corrientes hídricas, continuidad en los elementos, consistencia topológica, entre otros con el fin de garantizar un buen producto. De igual forma se realiza el respectivo control de calidad de la información con el fin de garantizar consistencia entre la parte gráfica y la información base de la digitalización.

### **Estructuración**

Con la información editada y garantizando una consistencia cartográfica, se asigna a la información geográfica la consistencia lógica que se requiere para establecer las diferentes relaciones entre los elementos geométricos y los elementos físicos encontrados en terreno y a su vez, la consistencia de la información alfanumérica que compone el modelo de datos de las tablas relacionadas en el SIG DAMA.

### **Fotointerpretación**

Con la fotografía digital se realiza el proceso de reconocimiento de las coberturas vegetales sobre las fotografías aéreas y los ortofotomapas, para lo cual es necesario la definición de la leyenda a escala 1:5.000 por parte del DAMA, con el fin de agilizar el proceso de verificación y clasificación en campo.

### **Modelo Digital de Elevación**

Mediante la generación del modelo digital del terreno y con el respectivo análisis en 3D de las líneas divisorias interpretadas en este, se actualiza, verifica, corrige y genera el nuevo nivel de información hídrica obtenido en los procesos anteriormente mencionados.

## **EDICIÓN DE MAPAS**

Una vez terminada la fotointerpretación, se generaron las diferentes coberturas de acuerdo al modelo de datos manejado por el DAMA y se implementó la respectiva leyenda.

## **Verificación y Clasificación de Campo**

Con cartografía básica actualizada, se identifican en campo las diferentes especies de vegetación y demás datos complementarios.

## **Edición Correctiva**

Las coberturas producto de la primera clasificación realizada, son corregidas según la información verificada en campo y preparadas para una salida gráfica preliminar.

## **ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Una vez cargada la información producto del presente trabajo en el Sistema de Información Geográfica del DAMA y con el apoyo de profesionales en el tema se realizó el análisis, proyección, acompañamiento y definición de propuestas para la recuperación, intervención y mitigación de los problemas encontrados en esta cartografía, como puede ser obras civiles, programas de conservación, campañas de concientización y muchas más que se generen a partir del estudio hecho por el grupo de profesionales reunido para tal fin.

## **ENTRADA DE DATOS**

### **Digitalización**

Es la transformación de la información desde un formato analógico, como un mapa en papel a formato digital, de forma que pueda ser almacenada y visualizada en un ordenador. La digitalización puede ser manual, semiautomática (se graba automáticamente mientras se hace un seguimiento manual de las líneas), o totalmente automática (seguimiento de línea).

### **Creación shapefile**

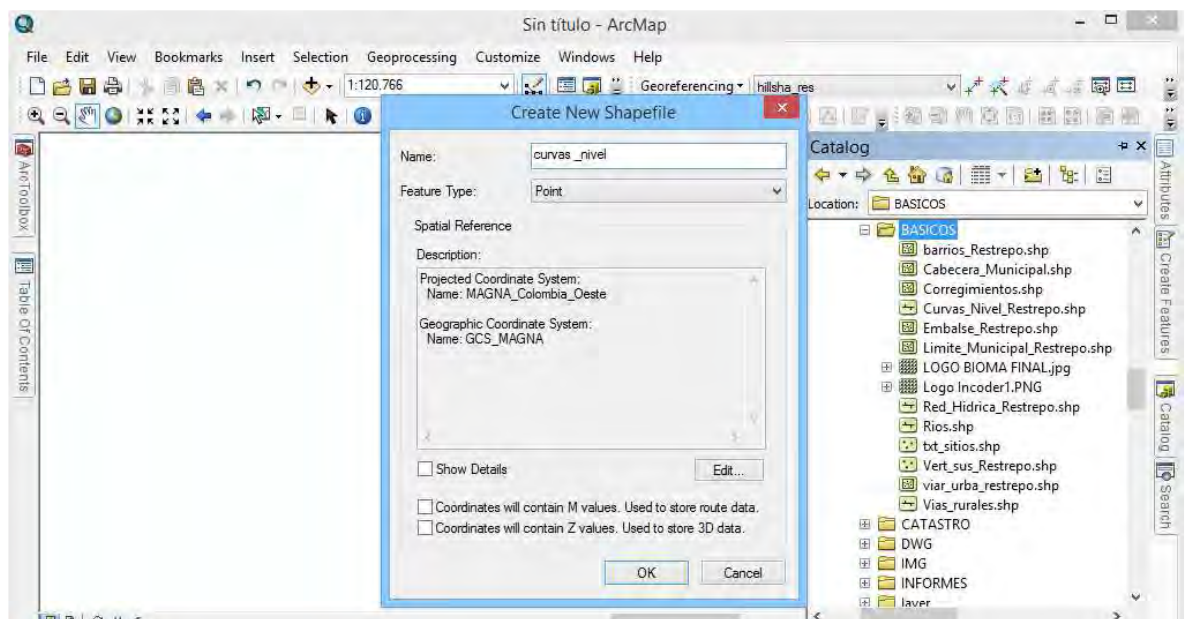
En el módulo ArcCatalog de ArcGis<sup>11</sup> se estructura el archivo shape donde se almacena la información con la que se cuenta y la que se va a digitalizar.

---

<sup>11</sup> Software de Sistema de Información Geográfico (SIG) creado por ESR<sup>®</sup>l.

Una vez creada los shape los cuales almacenaran la información correctamente organizada. Para este proceso es importante desde la creación definir bien el sistema de coordenadas que se va a utilizar, en nuestro caso MAGNA SIRGAS origen Oeste. Esta información es incluida en el formulario que presenta ArcCatalog (figura 24), una vez se ha puesto el nombre.

**Figura 39. Creación de un shapefile**



La información almacena en el shape es agrupada de acuerdo a sus características en cuanto a topología, clase de información, tipo de información, grupo cartográfico, entre otras.

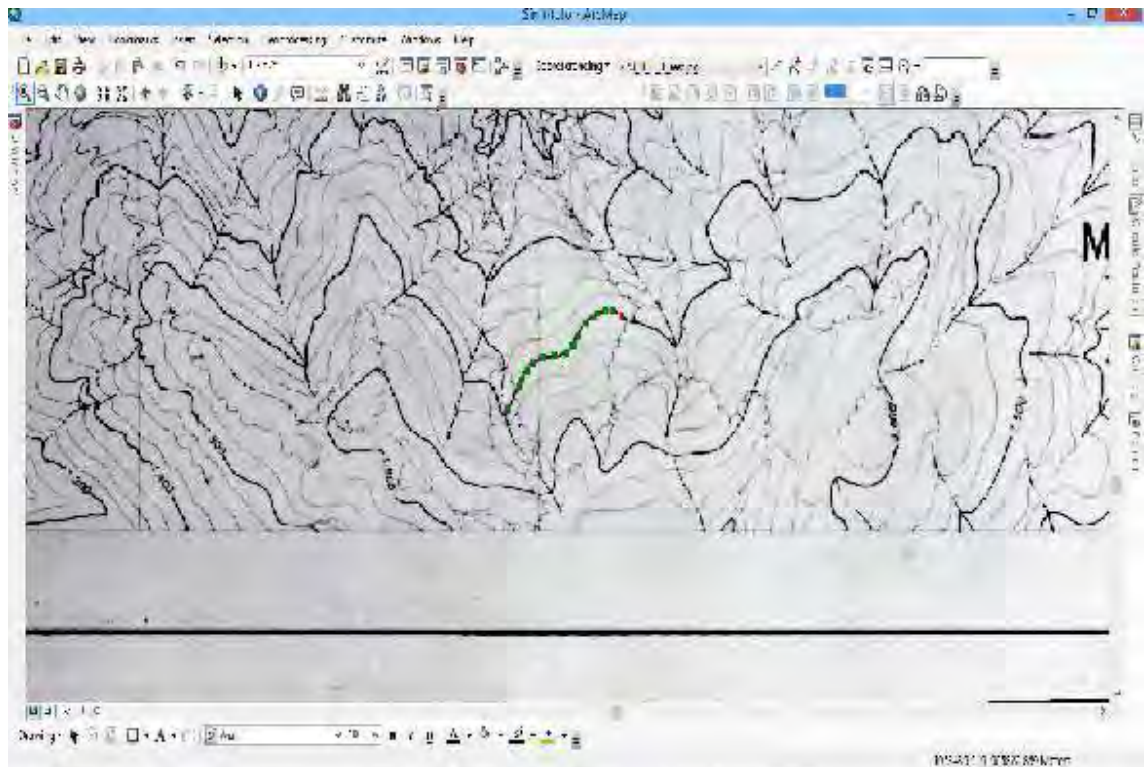
### **Digitalización de la Información.**

En la actualidad se contó con varias opciones para realizar un proceso de digitalización, para el caso actual se cuenta con una estación de trabajo en la cual se realizó el proceso de digitalización.

La digitalización en pantalla es un proceso interactivo en el que se genera un mapa a partir de información escaneada previamente. Esta técnica se podría usar para trazar entidades a partir de un mapa escaneado o de una imagen, con el fin de crear nuevas capas o temas. Su procedimiento es similar a la digitalización

convencional. En vez de utilizar una tableta digitalizadora y un cursor, el operador crea la nueva capa directamente sobre la pantalla utilizando el mouse (Figura 25).

**Figura 40. Digitalización**



Se realizó la captura principalmente de las coberturas:

- Curvas de nivel a metro en la parte urbana y a 5 metros en la parte rural.
- Construcciones, sitios de interés, y demás elementos culturales.
- Cobertura vegetal
- Hidrografía

La introducción de errores en la digitalización es inevitable y comúnmente se presentan líneas que no cierran, líneas que sobrepasan el punto de unión,

formación de polígonos ficticios, entre muchos más, lo cual hace necesaria la etapa de edición de las entidades ya digitalizadas.

**Figura 41. Ejemplo del Proceso Digitalización**



Una vez georreferenciadas las imágenes se procede a digitalizar, en el módulo ArcMap, inicialmente se establecen los parámetros de tolerancias (Figura 18), con el fin de reducir considerablemente los errores y evitar de alguna forma que el proceso de edición sea más largo. Sin embargo es importante que la elección de estas tolerancias no sea muy grandes ya que la información puede verse afectada ya que se puede producir deformaciones en la forma original de las líneas o polígonos.

**Figura 42. Opciones de Edición, Ajuste de tolerancias**



Las siguientes son las tolerancias que se utilizan en ArcGis y las que se definieron para el proceso que se adelantó. Las tolerancias se pueden definir tanto para añadir vértices, como para establecer el umbral en el cual los elementos se pegarán entre sí.

- **Tolerancia de enganche.** (Snappingtolerance) a elementos. Esta tolerancia puede ser definida en términos de unidades de mapa o píxel. Esto significa que la tolerancia puede establecerse en función del monitor o de unidades de mapa a conveniencia. Para el caso actual se utilizó las unidades del mapa definida en 0,002m

- **Sticky move tolerance.** Permite restringir la movida no deseada de elementos. Se trata de restringir una movida, seleccionando un valor umbral. Cualquier movimiento menor a este umbral hará que el elemento movido vuelva a su lugar. Se definió en pixeles y se estableció en 10.

- **Stretch geometry proportionally when moving a vertex** significa que cuando movamos un vértice, movemos a su vez la forma del objeto (línea o área) de forma proporcional.

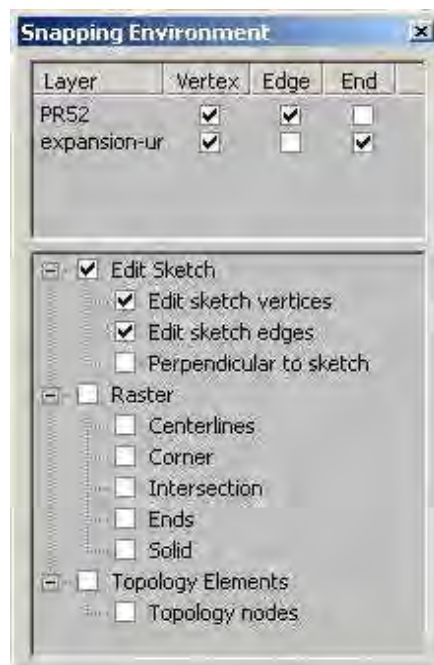
- **Snap Tips show.** Ayuda a mostrar cuál es elemento encima del cual está posicionado el cursor.

- **Strem mode** ayuda a delimitar las tolerancias para la digitalización en modo continuo. Esto quiere decir que en vez de hacer click en cada vértice, podemos entrar múltiples vértices en una sola pasada, formando líneas más suavizadas. Esta tolerancia no la utilizamos ya que se incrementa considerablemente el número de nodos y el archivo aumentaría demasiado el tamaño en disco. Es aconsejable utilizar Stremmode en digitalizaciones pequeñas.

- **Stream tolerance** define el umbral para la distancia entre vértices para formar las líneas. Mientras menor sea el número, más vértices se registrarán por línea, de modo que se debe tener cuidado de no añadir puntos innecesarios. Al igual que el stremmode se debe tener en cuenta el número de vértices que se adiciona a una línea ya que puede estar aumentando considerablemente el tamaño del archivo.

- **Groupn points together when streaming** significa que podemos borrar en una sola operación n número de vértices. Muchas veces es mejor borrar un vértice a la vez.

Adicionalmente a la definición de tolerancias, el software utilizado cuenta con una herramienta que nos ayuda a establecer más parámetros de precisión tales como **Snapping Environment** la cual ayuda a establecer prioridades de atracción a los elementos de otras capas al momento de digitalizar (snap to elements). Entre estos elementos se puede escoger los vértices, puntos de inicio/final (endpoints) y al borde (edge).



En la barra de edición se hace click sobre el icono en forma de lápiz y se comienza a digitalizar sobre la imagen haciendo click con el mouse sobre las líneas o formas encontradas en la imagen, dependiendo la topología de la capa que se esté digitalizando punto, línea o polígono se hace uso del mouse de tal forma que el caso de los ortofotomapas se realizó la transformación de coordenadas del formato digital en formato .tif dejándolo georeferenciado de acuerdo a los parámetros establecidos por el IGAC en coordenadas MAGNA SIRGAS origen Bogotá. El cual se procedió a trabajar en el módulo ArcMap y basándose en diferentes criterios de Fotointerpretación se digitalizó los niveles de información cobertura vegetal, drenajes, vías y algunas construcciones,

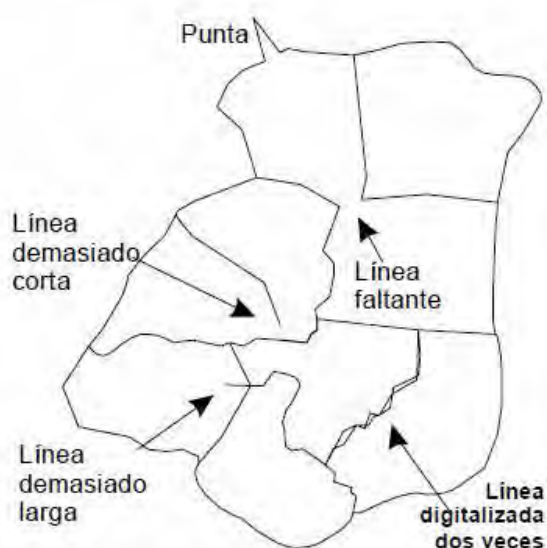


información que será complemento para toda la información multitemporal con la que se cuenta.

### Edición

“El objetivo de convertir información geográfica analógica en digital es producir una representación exacta de los datos originales del mapa. Esto significa que todas las líneas que se conectan en el mapa también deben conectarse en la base de datos digital”<sup>12</sup>. Dicho de otra forma no debe haber ningún elemento faltante, sobrante y/o duplicado. Por lo tedioso que puede ser el proceso de digitalización es fácil que se incurran en estos errores (Figura 29). De manera similar, después de la conversión cuadrícula-vector, los segmentos desconectados deben unirse manualmente. Esto sucede, por ejemplo, cuando los caminos o ríos pequeños dibujados con una línea delgada cruzan caminos importantes que están dibujados con una línea gruesa. Si los caminos o ríos pequeños se extraen en una capa separada, habrá vacíos en la red de caminos en las intersecciones de estos con los caminos importantes.

**Figura 44. Ejemplos de errores más comunes topología de línea**



Durante el proceso de edición al igual que en el proceso de digitalización es necesario recurrir a las denominadas tolerancias puntuales que como usuarios de los programas de digitalización podemos utilizar, para el caso nuestro se definió Las tolerancias de acuerdo a lo planteado. También se pueden eliminar

---

<sup>12</sup>Manual de sistemas de información geográfica y cartografía digital. Naciones Unidas 2008.



automáticamente los polígonos pequeños con forma de cuña que se crean cuando se digitaliza una línea dos veces. Pero solo algunos de los problemas se pueden resolver de esta forma. La corrección manual de los errores de digitalización después de una comparación bien detallada de los mapas originales y los digitalizados sigue siendo necesaria dentro de este proceso. Para el caso de los niveles de información con topología de polígono, una vez digitalizado se utilizó el módulo ArcInfo de ArcGis para facilitar el proceso de edición, esto se determinó por mayor conocimiento de la herramienta, adicionalmente facilita la verificación y correcta construcción de topología.

### **Estructuración**

Con la información editada y garantizando una consistencia cartográfica, se asignó a la información cartográfica la consistencia lógica que se requiere para establecer los diferentes relaciones geométricas entre los elementos entre los elementos físicos encontrados en terreno y a su vez, la consistencia de la información alfanumérica que compone el modelo de datos de las tablas relacionadas con el SIG.

Para asegurar una consistencia lógica de los datos y obtener una cartografía de buena calidad tanto digital como salidas gráficas, la correcta estructura de la base de datos es fundamental, realizar una normalización y asegurar que el ingreso de datos sea homogéneo. Una de las actividades más importantes en la construcción y manejo de las bases de datos es la validación de los mismos. El valor y la utilidad de una base de datos son proporcionales al grado de validez (cercanía a la realidad) de los datos. ArcGIS provee herramientas para la validación de datos geométricos y los no gráficos (atributos).

La estructuración de la información puede realizarse antes de iniciar la digitalización, en el momento de construir los shapefile o bien una vez se termine de digitalizar y hacer la edición.

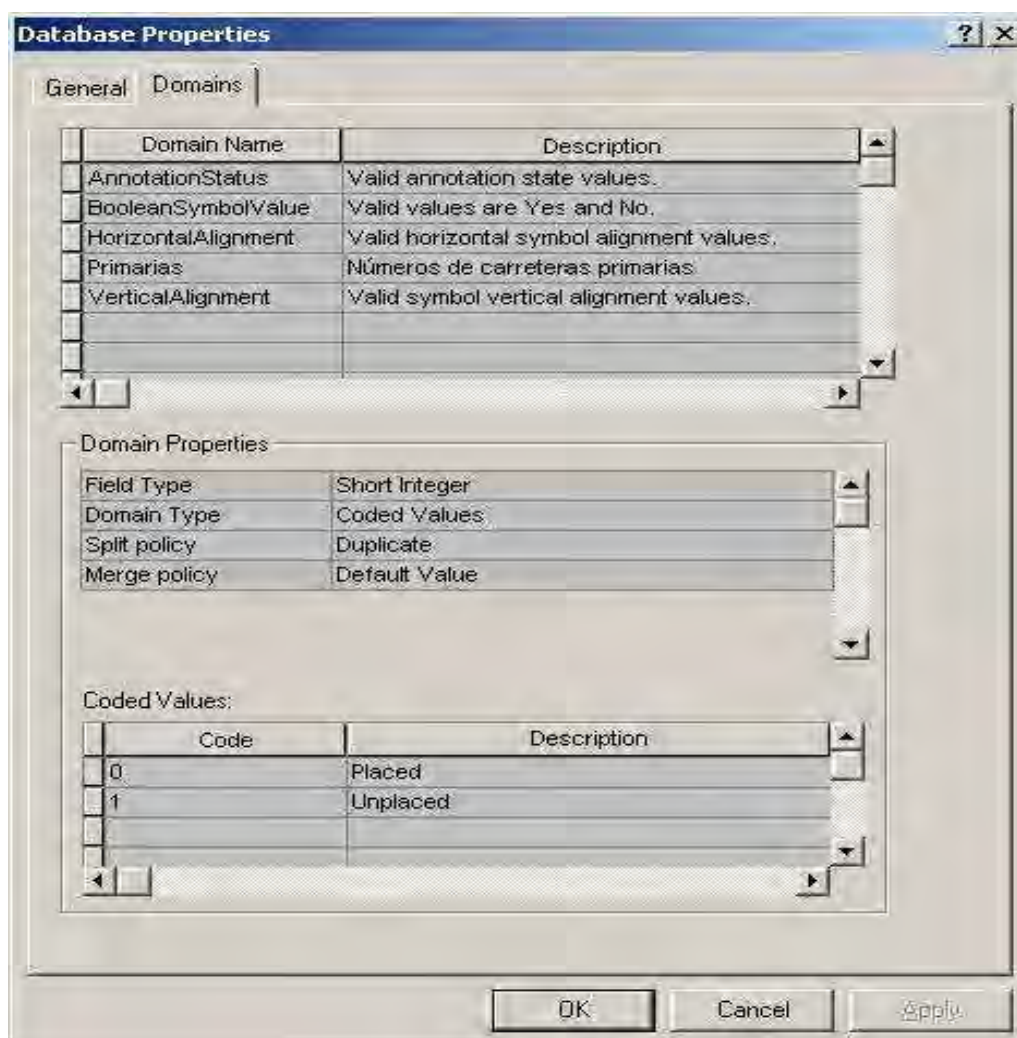
Para los shapefile se realizaron inicialmente tablas en borrador en la que se identificó que atributos necesitamos para el proyecto y de igual forma que valores podían tomar estos atributos, ejercicio que se hizo para cada uno de los niveles de información que manejamos. En estos mismos se estableció la estructura según los criterios determinados mencionados en el punto 7.2.2

Para la validación de atributos utilizamos la opción de hacer listas de valores posibles, llamados Dominios. Otro mecanismo para la validación de datos es la

creación de subtipos, (subtypes) los cuales se usan para organizar datos y a la vez asignarles listas de valores por grupos.

Los dominios se usan para asegurar una lista válida de valores que serán usados para la entrada de datos de atributos. Al fijar todos los valores posibles que puede asumir un campo, se asegura que la entrada de datos no permita añadir otro valor que no pertenezca a esta lista (Figura 30).

**Figura 45. Creación de Dominios**



**EDICION DE MAPAS**

Una vez terminada la fotointerpretación, empezamos con la creación de las diferentes coberturas de acuerdo al modelo de datos manejado por la Secretaría Distrital de Ambiente e implementación de la respectiva leyenda.

La edición cartográfica consiste en la preparación de los resultados (preliminares y/o finales) de cada uno de los procesos realizados en un formato raster o vectorial cartográfico. Para ello se tuvo en cuenta la escala cartográfica de salida, la convención de colores a utilizar y los estándares cartográficos requeridos. (Proyecto PNUD-FAO-ARG, 2008)

La edición cartográfica se realizó con la información procesada resultante el proyecto en formato raster y con integración de información cartográfica en formato vectorial. El proceso incluye la inserción de imágenes (formato img y tif), información vectorial shapefile, leyendas, título, escala gráfica y nominal, norte geográfica, grilla de coordenadas y fuente. La salida analógica se realiza a partir de tamaños de papel Tabloide y formato A0, impresos en plotter.

En el módulo ArcMap de ArcGis se carga la información contenida en los shape la cual se organiza y se realiza la presentación en la salida gráfica